duation ou par l'excentricité du point de suspension de leur aiguille ; car les angles reportés sur le papier sont identiquement les angles relevés dans la mine. Mais ces avantages sont d'une minime importance relativement aux nombreuses erreurs inhérentes à tous les procédés purement graphiques, et surtout à celui-ci, qui réclame de l'opérateur tant de délicatesse, de minutieuses précautions et une si grande habitude.

1010. *Emploi du rapporteur ordinaire.*

Le rapporteur (fig. 8, pl. LXXVII) est un cercle de corne ou de laiton en usage pour construire les angles sur le papier. Le diamètre varie entre 0.12 et 0.22 mètre; la circonférence en est divisée en degrés et quelquefois en demis et en quarts de degré. Quelques-uns de ces instruments sont formés d'un cercle complet ; d'autres simplement d'un demi-cercle; enfin, ils portent un rayon mobile ou en sont dépourvus. La notation des degrés d'un rapporteur est toujours double: l'une marche de droite à gauche et la seconde de gauche à droite, afin de pouvoir compter dans les deux sens; le centre est indiqué par un trou ou une coche pratiquée sur le diamètre.

Le géomètre appelé à construire un angle avec cet instrument, en installe le centre au point que doit occuper le sommet de l'angle ; il fait coïncider le diamètre avec l'un des côtés préalablement tracé sur le papier; puis, comptant sur la circonférence, le nombre de degrés voulu, il arrive à un point qui, joint au sommet, donne l'angle cherché.

Pour rapporter un levé à la boussole, il choisit la position du point initial *o* (fig. 8) et y fait passer une ligne arbitraire; celle-ci est destinée à représenter le méridien vrai, si

la valeur des angles de direction a été modifiée dans ce sens, ou le méridien magnétique, s'il s'agit de l'arc observé sur le terrain. Dans tous les cas, il fait coïncider la ligne *NS* et le diamètre passant par les points 180° ; il cherche sur le rapporteur le degré annoté dans la mine, et la position correspondante indique sur le papier le point où le crayon doit laisser une légère trace; le centre de l'instrument et cette trace, étant unis par un trait *o n*, celui-ci détermine la première direction; c'est suivant cette ligne qu'il porte, avec un compas, la projection horizontale de la distance à l'échelle du plan. Le centre de la 2e. station étant indiqué par un point *p*, il y fait passer une ligne *N' S'* parallèle au méridien, et dont il se sert de la même manière pour déterminer la 3e. station. Un demi-cercle exige l'emploi des angles modifiés de la 5e. colonne du 3e. tableau, c'est-à-dire réduits à une valeur moindre que 180°, et divisés en arcs orientaux et occidentaux. Les premiers sont portés à droite du méridien et les seconds à gauche, en retournant le rapporteur.

Le géomètre peut opérer avec une plus grande promptitude et autant d'exactitude, s'il porte d'un seul coup, autour du point initial *a* (fig. 9) et à l'aide du rapporteur, un certain nombre de points tels que *b'*, *e'*, *d'*, *f'*, etc., indices d'autant de directions; puis, à l'aide de deux équerres disposées comme l'indique la figure 9, il reporte en avant ces diverses directions. Ainsi, par exemple, supposant déjà tracées les lignes *ab*, *bc*, *cd*, et *af'* étant la direction de la suivante, un des côtés de l'équerre *M* est placé suivant *af'*; l'autre équerre *N*, constamment maintenue en contact avec la première, est amenée sur le point *d* et prend la direction *df* parallèle à *af'*.

L'opérateur, qui emploie une règle *M* et une équerre *N* (fig. 7), place le grand côté de cette dernière sur la

ligne af' et applique la règle contre le petit côté; puis, maintenant celle-ci en place, il fait glisser l'équerre parallèlement à elle-même jusqu'au moment où, tombant sur le point e, il trace la ligne ef. Dans le but d'éviter toute confusion, chacun des points b', c', d', f' est désigné par le numéro de la station à laquelle il appartient et inscrit légèrement au crayon. Lorsque l'équerre n'est plus assez longue pour porter les lignes en avant, il y supplée par le tracé d'une seconde méridienne.

La construction des angles relevés avec le graphomètre serait évidemment la même que ci-dessus; mais, pour donner à cette opération un plus grand degré d'exactitude et ne pas annuler en partie les avantages résultant de l'emploi de cet instrument plus parfait, il convient d'employer le rapporteur représenté par la figure 5 (pl. LXXVII). Il se compose d'un demi-cercle AB en laiton, de 0.16 mètre de diamètre et d'un rayon CD mobile sur une charnière D; celle-ci est percée d'une fenêtre m dans laquelle deux cheveux, croisés à angle droit, indiquent le centre du cercle. Le rayon mobile, dont un côté coïncide constamment avec l'un des rayons, porte un arc vs argenté mat et formant nonius ou vernier. Ordinairement 20 divisions du nonius correspondent à 21° du cercle; chacune d'elles est de

$$\frac{21° \times 60,}{20} = 63 \text{ minutes.}$$

Ainsi le degré d'appréciation s'étend à tous les arcs jusqu'au minimum de 3 minutes. Le nonius du graphomètre est nécessairement divisé de la même manière.

1011. *Tracé par la méthode des coordonnées.*

Le dessinateur, ayant égard à la disposition des travaux, choisit une position convenable pour y faire passer

deux lignes droites réciproquement perpendiculaires. Ce sont les traces de l'intersection du méridien et de l'équateur avec le plan horizontal qui, exprimant l'origine des coordonnées, sont désignées par des zéros. Il porte à droite du méridien, sur les deux côtés opposés du cadre et à partir du point 0, les longitudes positives accompagnées des numéros de la station, et à gauche les longitudes négatives ; puis il réunit ces divers points par des parallèles à la trace méridienne. Les latitudes positives et négatives, portées de la même manière au-dessus et au-dessous de l'équateur, sont l'objet d'une opération semblable. Alors les intersections des lignes qui, portant le même numéro, appartiennent à la même station, étant jointes deux à deux par des droites, expriment les projections horizontales des distances, dont l'ensemble forme le plan qu'il s'agit de dresser. La fig. 11 (pl. LXXVII), dont toutes les lignes de construction sont ponctuées et réunies deux à deux par des chiffres identiques, suffit pour faire connaître en détail la marche de l'opération graphique. Mais comme le nombre des lignes à tirer est ordinairement trop considérable pour ne pas engendrer quelque confusion, il est plus convenable de procéder de la manière suivante, d'ailleurs aussi exacte et plus expéditive.

Le dessinateur prend un papier maillé (fig. 14, pl. LXXVII), c'est-à-dire divisé en carrés de un décimètre de côté par une série de lignes parallèles, les unes au méridien, les autres à l'équateur. Il désigne également les axes des coordonnées par des zéros et accompagne les autres lignes des nombres 100, 200, 300, etc., expressions de leurs distances aux traces méridiennes ou équatoriales. Les sommes des latitudes et des longitudes inscrites dans le tableau, lui indiquant, par leur signe et par le nombre de centaines qu'elles contiennent, dans quels

carrés doivent se trouver les stations données, il prend au compas l'excès des coordonnées sur les nombres 100, 200, 300, etc., et les porte dans le carré désigné, sans s'occuper en aucune manière des points précédents. Ainsi, après avoir reconnu, par exemple, qu'une latitude et une longitude, dont les valeurs respectives sont + 25 et + 113, appartiennent au carré *H*, il mène deux lignes à des distances de 25 et de 13 des côtés de ce carré; celles-ci, par leur intersection, déterminent la position demandée.

Un autre procédé, plus simple encore, consiste à se servir d'une équerre et d'une règle plate divisée en décimètres seulement, et dont le trait *C*, indicatif du milieu de la longueur, est coté zéro et les suivants, 1. 2. 3, etc. L'équerre, dont les deux côtés de l'angle droit sont taillés en biseau, porte des divisions en centimètres et en millimètres. Si la longitude est inférieure à 100 mètres, la règle s'applique immédiatement sur le méridien, en ayant soin de faire coïncider la division *C* avec la ligne *EO*. Si elle est plus grande que 100, 200, 300, etc., positive ou négative, la règle est transportée sur la 2°., 3°. ou 4°. ligne à droite ou à gauche, c'est-à-dire sur la ligne désignée par les centaines comprises dans le chiffre de la longitude, mais toujours dans une situation telle que la trace *C* coïncide avec la ligne *EO*.

Qu'il s'agisse de déterminer la position d'un point dont la latitude et la longitude soient respectivement + 256 mètres et — 150 mètres, le dessinateur, après avoir installé la règle sur le second méridien à gauche de *NS*, porte l'équerre dans le troisième carré au-dessus de l'équateur, la fait glisser jusqu'à ce que la trace 2 de la règle corresponde avec la division 56 de l'équerre; puis, comptant 50 de *a* en *b*, il marque ce dernier point, indice de la

station cherchée, avec un crayon à pointe très-fine. Deux coordonnées positives sont l'objet d'une opération symétrique, mais la règle doit être retournée et placée à droite du méridien.

Si les latitudes sont négatives, l'équerre descend au-dessous de l'équateur *EO*. Par exemple, une latitude de — 85 et une longitude de + 160 exigent l'installation de la règle sur le deuxième méridien à droite de *NS*, et la coïncidence de la division 85 de l'équerre avec la trace *C* de la règle. Le point *m*, situé à 60 unités du point *n*, est le lieu de la station demandée. Enfin, tous les points convenablement indiqués sont réunis par des lignes comme ci-devant.

1012. *Comparaison entre les diverses méthodes de rapporter sur le papier.*

Le tracé à la boussole permet l'emploi d'un instrument défectueux pour dresser un plan de mine, pourvu que ce soit le même qui ait servi dans le relevé souterrain. C'est là le seul avantage de cette méthode, d'ailleurs fort délicate en raison des oscillations continuelles de l'aiguille. Elle réclame aussi beaucoup de temps et d'habileté ; le moindre morceau de fer négligé peut causer les plus graves inexactitudes; enfin, elle ne peut s'appliquer convenablement qu'aux boussoles suspendues, les autres instruments salissant le papier sur lequel s'effectue le tracé ; en outre, les lignes tirées sont toujours irrégulières; car l'alidade en bois ou le côté de la boite pris comme règle ne peuvent conserver leurs angles vifs pendant le travail dans la mine.

Le tracé au rapporteur ordinaire est moins difficile ; il suffit dans le plus grand nombre de cas ; aussi est-il

presque généralement adopté, quoique, sous tous les rapports, la méthode des coordonnées soit bien préférable.

Dans l'emploi de l'une des deux méthodes purement graphiques, une légère inexactitude dans la longueur des distances et dans le tracé des angles, ou la fausse position d'un seul point, sont des erreurs qui se propagent et s'accumulent sur la dernière station de chaque galerie, de manière à rendre vicieux tout le dessin ; car il ne faut pas compter sur une compensation problématique résultant d'erreurs commises tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. La méthode des coordonnées, au contraire, substituant en grande partie le calcul aux opérations graphiques, garantit une grande exactitude. Les points placés en-dehors de leur vraie position n'ont d'influence sur aucun des suivants, puisque, dérivant tous du point initial, l'erreur unique affecte exclusivement la station mal placée. Il est possible de tenir compte de fractions de longueurs qui, dans les méthodes purement graphiques, échappent à l'appréciation du compas, parce que ces fractions, quel que soit leur ordre, s'accumulent et peuvent être portées sur le plan dès que de leur addition résultent une ou plusieurs unités.

Le tableau des opérations exécutées dans la mine étant remis à un dessinateur quelconque pour en dresser le plan, l'ingénieur peut toujours en opérer la vérification partielle ou totale. La transmission des avancements d'une mine est des plus faciles, puisqu'il suffit d'envoyer le tableau des éléments du levé en indiquant le point initial des opérations ; alors le tracé peut s'exécuter dans le lieu où sont déposés les plans. Enfin, si les calculs absorbent quelque peu de temps, celui-ci est grandement compensé par la promptitude avec laquelle les lignes sont rapportées sur le papier.

1013. *Tracé des coupes ou projections verticales.*

Les projections verticales se font ordinairement sur des plans parallèles au méridien ou à l'équateur. Dans certaines circonstances, elles se construisent sur des plans verticaux passant par la ligne de direction de la couche ou par celle de plus grande pente.

Les coupes sont partielles ou générales : partielles, elles n'ont pour objet que les ouvrages exécutés dans une couche ; générales, elles embrassent tous les travaux compris entre la margelle du puits et les excavations les plus profondes.

La construction des premières, quel que soit le procédé employé pour le tracé du plan horizontal, exige d'abord le tracé d'une ligne droite $X' Y'$ (fig. 12, pl. LXXVII), destinée à figurer *la ligne de terre*, c'est-à-dire l'intersection du plan vertical et du plan horizontal. Un point a' convenablement choisi sur cette dernière est le lieu d'où s'élève une perpendiculaire $a'Z$, trace de l'autre plan vertical.

Si le plan horizontal proprement dit (fig. 13) a été construit par l'une des méthodes purement graphiques, le dessinateur choisit sur ce dernier une ligne XY parallèle à l'intersection du plan vertical sur lequel la projection doit s'effectuer et qu'il suppose être l'équateur. Du sommet de chaque angle, c'est-à-dire de chaque station, il abaisse des perpendiculaires sur la ligne de terre, où elles déterminent la longueur des projections des diverses distances sur le plan vertical ; ces distances sont reportées sur la coupe, à droite et à gauche du point initial a' ; puis, prenant les altitudes de chaque station, il les porte au compas perpendiculairement au-dessus de chacun de leurs points de projection. Ainsi b, c, e, d, etc., se projetant en b', c', e', d', il élève des per-

pendiculaires indéterminées sur lesquelles sont portées les altitudes $b'b''$, $c'c''$, $e'e''$, $d'd''$, etc.

Quant à la méthode des coordonnées, le tableau des éléments fournissant les longitudes et les latitudes, il suffit de porter les unes ou les autres à droite ou à gauche du point a', suivant leur signe, pour déterminer la projection des stations. Des perpendiculaires égales aux sommes des altitudes, déterminent des points qui, réunis par des lignes droites, sont l'expression des galeries suivant le plan vertical choisi.

Si la clarté exige une projection sur un plan vertical passant par la direction de la couche ou par sa ligne de plus grande pente, le tracé s'en effectuera comme suit : Soit NS et OE (fig. 1, pl. LXXVIII) les traces du méridien et de l'équateur sur le plan horizontal ; XY la trace du plan sur lequel les travaux doivent être projetés, et NaX l'angle compris entre cette dernière et le méridien. Le géomètre mène, en-dehors du tracé ou sur une feuille séparée, une ligne $X'Y'$ parallèle à XY; il projette toutes les stations K, J, I, etc., sur la ligne OE et les prolonge jusque sur XY. Puis, en les relevant perpendiculairement à $X'Y'$ considérée comme ligne de terre, il obtient une série de points, tels que k'. j', i', sur lesquels il suffit de porter les altitudes comme ci-devant et de les réunir par les droites constitutives du tracé.

S'il a employé la méthode des coordonnées, il devra augmenter les latitudes ou les longitudes : les premières, dans le rapport du rayon ou sinus total au cosinus de l'angle compris entre le méridien et le plan XY, et les secondes, dans le rapport du rayon au sinus du même angle. Ainsi, il substituera le rayon ak à la ligne kv ou am, sinus de NaX, s'il applique les longitudes à la construction du plan accessoire, et mk ou av, cosinus du même angle, s'il em-

ploie les latitudes. Une appréciation graphique étant suffisante pour la construction de la coupe, il opère ces transformations non par calcul trigonométrique, mais simplement à l'aide d'un compas de proportion ou en construisant l'un des deux triangles *kav* ou *kam*, dont un des angles aigus est égal à l'angle formé par le plan de projection et le méridien. Les lignes à augmenter sont portées sur un des côtés de l'angle droit et, par les points de division, sont menées des lignes parallèles à l'autre côté; les hypothénuses sont les longueurs cherchées.

Les coupes générales ne sont pas la représentation, sur des plans verticaux, de tous les travaux d'une mine, mais seulement des excavations principales, et surtout des percements pratiqués dans les roches encaissantes, tels que les puits, les galeries à travers bancs, les réservoirs, etc. Ces coupes, dont l'une est figurée suivant un plan vertical parallèle à la direction des couches, et l'autre, suivant la ligne de plus grande pente, indiquent le nombre des couches, leur puissance, leur position, leur allure et tous les éléments relatifs à l'épaisseur des roches interposées entre elles et à leur profondeur au-dessous de la margelle des puits. La position des galeries d'écoulement, le niveau des eaux aux deux époques extrêmes y trouvent nécessairement place. Les stratifications du mort-terrain, s'il s'en trouve dans la localité, doivent y figurer, de même que les alternatives de schiste et de grès et toutes les petites couches percées par les puits ou les galeries d'allongement, quelque minime que soit leur importance.

1014. *Détails relatifs au tracé des plans de mine.*

De quelque nature que soit le plan à construire, le dessinateur emploie du papier maillé ou quadrillé. Si le

champ d'exploitation est trop étendu pour qu'il puisse être contenu dans une feuille, il en emploie un nombre suffisant et les juxtapose avec l'attention de faire correspondre entre elles les parallèles au méridien et à l'équateur. Ces feuilles sont assemblées avec promptitude, s'il a eu le soin d'inscrire préalablement les lettres de l'alphabet (fig. 2), suivant les longitudes, et des numéros d'ordre de haut en bas, suivant les latitudes.

Les plans de surface doivent exprimer, outre les objets du ressort de la topographie, les points d'affleurement connus, leur liaison probable en lignes ponctuées, l'intersection des couches par un plan horizontal, déduite de leurs points connus et de leur inclinaison. Ils doivent indiquer la position des travaux abandonnés, les anciens orifices des galeries et des puits, etc.; en un mot, toutes les circonstances utiles à conserver dans le souvenir du mineur.

Quant aux travaux intérieurs, lorsqu'au moyen de l'un des procédés indiqués dans les paragraphes qui précèdent, le géomètre a déterminé l'axe des galeries, il porte à droite et à gauche une distance égale à leur demi-largeur et y fait passer deux droites parallèles, qui en figurent les deux parois. Dans les coupes, il porte au-dessus des lignes déjà tracées la hauteur des galeries, et une parallèle en désigne le faite. Les excavations contenues dans le plan de la couche sont exprimées par des lignes pleines et continues; mais il doit tracer en pointillé les percements dans les roches encaissantes ou qui appartiennent à une couche étrangère à celle dont il s'occupe.

Les notes du géomètre doivent le mettre à même de faire figurer les circonstances remarquables, telles que la hauteur des tailles, le nombre et les dimensions des gradins, la position des failles, des étranglements et des brouillages

traversés par une ou plusieurs galeries. Il marquera en dehors de ces dernières le point où le dérangement commence et celui où il finit. Il en remplit l'intervalle par des traits contournés et irréguliers, dans le but d'imiter la dislocation du terrain, qui en est la conséquence; puis il y ajoute quelquefois une légère teinte discontinue d'ocre jaune. Les crains, n'étant que des fissures sans interposition de matière, sont désignés par une seule ligne, dont les sinuosités font apprécier la déchirure du terrain. La hauteur de rejettement des couches sera exprimée par des chiffres. La place des remblais sera l'objet d'une teinte grise à l'encre de Chine. Il n'oubliera pas de marquer les degrés d'inclinaison, chaque fois que leur valeur variera, sur un point correspondant du lieu de l'observation. Il indiquera au ponctué les chambres d'accrochage, les écuries, les réservoirs et les autres excavations analogues. Si le besoin s'en fait sentir et si l'échelle du plan le permet, il indiquera la nature des revêtements et appliquera le carmin aux maçonneries, le bistre aux bois, etc. Les lignes de niveau des eaux sont tracées en bleu et une teinte de même couleur est portée dans les galeries d'écoulement. Enfin, les portes d'aérage, les serrements et les plate-cuves sont exprimés par deux lignes parallèles dont l'intervalle est teinté en jaune.

Une échelle assez grande permet de numéroter les diverses stations. Les galeries parallèles peuvent aussi recevoir un numéro ou une lettre d'ordre; mais le dessinateur évite d'indiquer la marche du courant par des flèches, car, outre la confusion inévitable qui en résulte, la direction du courant devant être modifiée au fur et à mesure de l'avancement des travaux, il faudrait à chaque instant substituer une indication à la précédente et, par conséquent, effacer les anciennes flèches pour en tracer de

nouvelles. Mais ces indications, de la plus grande importance, peuvent s'exprimer sur la minute par des traits au crayon ou dans une feuille spécialement consacrée à cet objet.

Il ne fera pas de ses plans un habit d'arlequin, en affectant, ainsi que cela était ordonné il y a peu d'années en Belgique, une couleur spéciale à chaque surface d'exploitation annuelle; mais l'inscription du millésime à l'extrémité de chaque taille, au point où elle est arrivée le 31 décembre, fera connaître la date de l'excavation. Dans la légende qui accompagne le plan, il désignera la couche par son nom; il en indiquera la puissance moyenne et la profondeur, au-dessous de la margelle, du point où son mur a été recoupé.

Autrefois, les relevés souterrains n'étaient pas portés sur le papier; on se contentait de répéter à la surface les opérations faites à l'intérieur. Quelques praticiens, peu familiarisés avec les plans, regrettent cette méthode, qui leur faisait reconnaître directement sous quelle propriété les travaux étaient portés, s'ils ne sortaient pas des limites de la concession, s'ils ne se rapprochaient pas trop de divers objets de la surface susceptibles d'entraîner des perturbations intérieures, telles que des cours d'eau circulant sur des couches perméables. Mais le mineur atteint plus simplement et plus exactement le même but, soit par la comparaison du plan de surface avec ceux des ouvrages souterrains, soit aussi en indiquant, par les teintes et les signes usités en topographie, les chemins, les cours d'eau et les différentes constructions de la surface, et en traçant par des lignes coloriées les limites et les espontes des concessions voisines, dans leur rapport avec les points intérieurs.

1015. *Echelles des plans.*

En France et en Belgique, les échelles des plans de mine sont uniformes et réglées par la loi. Les travaux intérieurs sont dressés à 0.001 mètre par mètre, soit $\frac{1}{1000}$. Les plans de surface à 0.0001 mètre par mètre, ou $\frac{1}{10000}$. Quelquefois ces derniers sont dressés à un millième, afin d'établir d'un coup d'œil les relations des travaux intérieurs et de la surface. Dans quelques localités, les plans destinés aux contre-maîtres sont construits sur une échelle double, afin de pouvoir faire figurer quelques détails d'exécution.

En Allemagne, l'unité de mesure est le lachter (80 pouces du Rhin), équivalant à 2.092 mètres. Les règlements administratifs déterminent l'échelle des plans d'intérieur comme suit : Pour les bassins de la Wurm et d'Eschweiler, 12.5 lachter sont représentés par un pouce, d'où résulte une échelle de un millième. A Saarbrücken et en Westphalie, les échelles sont de 20 lachter par pouce, ou $\frac{1}{1600}$. Les coupes générales sont de 120 lachter par pouce, $\frac{1}{9600}$. Les coupes partielles destinées à exprimer les dérangements des couches et tous les plans de détail sont établis à un pouce pour 6 ou 10 lachter, soit $\frac{1}{480}$ et $\frac{1}{800}$.

En Angleterre, le gouvernement n'exerce aucune action sur les mines de houille ; chacun étant libre de choisir l'échelle qui lui convient, les plans n'ont pas cette uniformité si désirable. Toutefois les échelles sont ordinairement comprises dans les limites suivantes :

L'unité de longueur est le *yard* (0.914 mètre) et plus souvent une mesure, appelée *chain*, composée de 22 yards ou 66 pieds (20.116 mètres).

Plans de détail : 1 pouce	=	1	chain	$\frac{1}{792}$
—	idem	2	»	$\frac{1}{1584}$
—	idem	3	»	$\frac{1}{2376}$
—	idem	4	»	$\frac{1}{3168}$
Plans généraux : 1 pouce	=	6	chain	$\frac{1}{4752}$
—	idem	8	»	$\frac{1}{6336}$
—	idem	10	»	$\frac{1}{7920}$
—	idem	12	»	$\frac{1}{9504}$
On trouve aussi 1 pouce	=	200	yards	$\frac{1}{7200}$

Ainsi certains plans de travaux intérieurs du sud du pays de Galles sont tracés à l'échelle de un pouce par chain, de même que ceux de la couche dite *Ten yard*, de Staffordshire, à cause des nombreux détails qu'ils renferment, et surtout pour exprimer facilement les voies étroites d'aérage. Dans les comtés de Gloucester, de Shrops, et dans les districts du nord, on emploie presque exclusivement, pour les travaux d'intérieur, l'échelle de $\frac{1}{1584}$, ou $1^{\circ} = 2$ chains.

Les échelles généralement affectées à la construction des plans sont tracées sur des règles en cuivre, en ivoire ou en bois dur quelconque. En Belgique et en France, ce sont des fractions du mètre; par exemple, un double décimètre subdivisé en millimètres. Un procédé fort connu, exprimé

par la fig. 15 (pl. LXXVII), permet de tenir compte des décimètres mesurés sur le terrain. Il consiste à tracer sur la règle 11 lignes horizontales comprenant 10 espaces égaux et arbitraires ; à élever par chacune des divisions 1. 2. 3. 4., etc., exprimant les millimètres des lignes perpendiculaires, et à tracer les diagonales de chacun de ces parallélogrammes', qui ont 10 millimètres de longueur sur 1 de largeur. L'espace compris entre une diagonale et un grand côté, s'accroissant successivement de bas en haut de $\frac{1}{10}$ de millimètre, fournit les fractions 0,1. 0,2. 0,3, etc., 0.9 de millimètres, ou les décimètres mesurés sur le terrain. Pour prendre une distance de 16.80 mètres à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, le compas est porté de *a* en *b*, l'une des pointes en arrière sur les dizaines, l'autre sur l'intersection de la 6e diagonale avec la 8e droite horizontale.

1016. *Réunir en un seul plan les levés à la boussole effectués à diverses époques.*

Le géomètre appelé à rassembler sur une même feuille divers plans de mine dressés à des époques assez éloignées les unes des autres, ou à tracer un plan au moyen de levés de même nature contenus dans un registre d'avancement, doit préalablement mettre tous les documents en rapport les uns avec les autres par la réduction des angles au méridien vrai, eu égard à la déclinaison magnétique des époques d'observation. Sans cette précaution le plan d'ensemble serait entaché de fautes graves et ne présenterait pas aux yeux une image conforme à la réalité. C'est ainsi qu'une galerie d'écoulement, percée suivant une direction rigoureusement rectiligne, qui, commencée il y a 30 ans, s'achèverait actuellement, serait représentée par

une ligne courbe, si les avancements de chaque année avaient été successivement rapportés sans égard aux variations annuelles de l'aiguille aimantée.

Ces corrections indispensables seront très-faciles à faire si les plans ou le registre d'avancement indiquent l'époque précise des divers levés ; car il suffira de rechercher, dans l'*Annuaire* de l'Observatoire le plus rapproché de la mine, objet de l'opération (1), la déclinaison moyenne des années où se sont faites les observations, et de réduire tous les angles au méridien vrai. Ainsi les valeurs des déclinaisons relatives aux plans d'une couche exploitée pendant les années 1829, 1834 et 1840 seraient respectivement de 22°,22'; 22°,8' et 21°,43'. Pour les périodes qui n'embrassent pas un nombre d'années trop considérable, les calculs de ce genre s'effectuent par le procédé de M. Quetelet (paragraphe 994).

A l'aide de ces données, le géomètre trace sur chaque plan une droite formant, à l'ouest du méridien magnétique, un angle égal à la déclinaison, expression du méridien vrai ; puis les trois plans, ainsi orientés d'une manière uniforme, sont assemblés ou copiés en conservant entre eux un rapport exact et conforme à la réalité.

L'emploi d'un registre d'avancement des levés à la boussole entrainerait nécessairement la modification des angles observés ; celle-ci, qui aurait lieu par addition ou par soustraction, suivant le sens de la division du limbe, serait suivie de la confection du plan général. Il convient d'observer en passant combien il importe, dans le levé

(1) L'*Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles*, par M. Quetelet, peut être employé dans toutes les mines belges sans crainte d'erreur sensible.

des plans à la boussole, d'indiquer non-seulement le jour, le mois et l'année des observations, mais encore l'heure du jour de l'opération, si les éléments de correction dus à la déclinaison ne peuvent être immédiatement mis en usage.

IVe. SECTION.

PERCEMENTS SOUTERRAINS ; PROBLÈMES RELATIFS AUX MINES ; TRACÉ D'UNE MÉRIDIENNE.

1017. *Mesurer la profondeur d'un puits et de ses diverses chambres d'accrochage.*

Quoiqu'au premier abord cette opération semble fort simple, cependant des résultats suffisamment exacts ne peuvent être obtenus qu'avec des soins et des précautions. La mesure des puits peu profonds s'effectue à l'aide d'un cordeau ou une simple ficelle munie d'un plomb ; mais si la hauteur est un peu considérable, ce procédé doit être écarté à cause des différences de tension auxquelles est soumis le cordeau, d'abord placé verticalement dans le puits et ensuite étendu sur le terrain pour en mesurer la longueur.

Dans ces circonstances, il est plus convenable de se servir du câble d'extraction lui-même, lorsqu'il a fonctionné pendant quelque temps. Ayant, par exemple, à déterminer la profondeur au-dessous du sol d'un puisard, de deux chambres d'accrochage et d'une galerie d'écoulement, le géomètre, après avoir entortillé la chaine de suspension des vases autour de l'extrémité inférieure du câble, fait descendre ce dernier dans le puits jusqu'à ce que l'anneau vienne en contact avec le fond du puisard. Il se transporte successivement dans chaque chambre d'ac-

crochage, afin de marquer les points d'intersection de la corde et du sol des accrochages ; il emploie pour cela une règle bien dressée et munie d'un crochet avec lequel il saisit le câble et l'attire vers la chambre ; il y fait alors sans danger une marque avec de la craie, ou l'enveloppe d'un fil fortement serré, s'il craint les effets de l'humidité. Pour prévenir le glissement du crochet sur la corde, celui-ci est muni, à son intérieur, d'aspérités semblables aux dents d'une grosse lime.

L'opérateur, de retour à la surface, indique de même le point correspondant à la margelle et procède au mesurage des diverses profondeurs. Dans ce but, le puits étant couvert d'un plancher, il se place au-dessus, tandis qu'un aide monte sur un escabeau. La machine marche avec lenteur ; la première marque apparait à 0.30 ou 0.40 mètre au-dessus de l'orifice ; il applique contre la corde un double mètre, dont l'extrémité supérieure coïncide avec la marque ; l'aide saisit la mesure des deux mains pendant le mouvement ascensionnel, et, lorsque son extrémité inférieure se trouve au-dessus du plancher, le géomètre en place immédiatement une deuxième en contact avec la première ; l'aide enlève celle-ci, en comptant à haute voix *un ;* puis il la remet au géomètre, qui la porte bout à bout au-dessous de la seconde, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'une nouvelle marque vienne à surgir au-dessus du plancher. En ce moment, la machine est arrêtée, afin d'avoir le temps de mesurer les fractions excédantes et de tenir note de ce premier mesurage ; puis l'opération continue, soit en recommençant à la deuxième marque, soit en continuant à compter sans interruption. Cette mesure peut s'effectuer également dans l'espace compris entre les molettes et la bobine, où le câble est à peu près horizontal ; dans ce cas, les fils doivent être liés avec plus

de solidité, afin qu'ils ne se dérangent pas dans leur passage sur la molette.

Le procédé suivant, employé fréquemment par celui qui écrit ces lignes, a toujours donné des résultats fort exacts. Une espèce de chaine, dont les mailles sont fort allongées (environ 1.80 à 2 mètres), est fabriquée en fil de fer, et son extrémité est chargée d'un poids de 2 à 3 kilogrammes. Lorsqu'elle est développée sur toute la hauteur du puits et appliquée contre l'une de ses parois, un contre-maitre, placé sur un vase d'extraction, indique par un signal quelconque le moment où son extrémité inférieure touche le fond du puisard; l'observateur installé au jour en marque le point en contact avec la margelle du puits et la fait remonter, tandis que la machine enlève le contre-maitre jusqu'à l'accrochage inférieur. La coïncidence de l'extrémité inférieure de la chaine avec le sol d'une nouvelle excavation est annoncée au jour, où est marqué le nouveau point de contact avec la margelle. L'opération poursuivie ainsi jusqu'à ce que tous les points aient été marqués, la chaine est établie sur le terrain dans toute sa longueur, et il est procédé à la mesure des distances comprises entre les diverses marques. Mais la position des hauteurs est renversée et la première marque placée au jour correspond au fond du puits, tandis que l'extrémité de la chaine, point d'attache du poids, représente la margelle. Les mesures, inscrites sur un carnet, donnent lieu au tableau suivant :

DÉSIGNATION DES EXCAVATIONS.	HAUTEUR DES EXCAVATIONS.	DISTANCE D'UNE STATION A LA SUIVANTE.
Galerie d'écoulement. . .	Mètres 35	Mètres 35
1re. chambre	» 87	» 52
2e. chambre	» 123	» 36
3e. chambre	» 136	» 13
Fond du puisard. . . .	» 260	» 124
		Mètres 260

1018. *Percements dans les mines.*

Les questions de percements, quelque variées qu'elles soient en pratique, se réduisent toujours à assigner la longueur, la direction et l'inclinaison d'une excavation (galerie ou puits) destinée à établir une communication directe entre deux points souterrains, ou entre un point pris dans la mine et un autre situé à la surface. L'opérateur peut mettre en usage les procédés graphiques indiqués ci-dessus, c'est-à-dire rapporter les deux stations sur le papier au moyen de la boussole ou du rapporteur; puis les joindre par une ligne dont il prend la direction et la longueur, l'inclinaison étant la différence des altitudes des deux points. Mais, si quelques personnes douées d'une grande dextérité, parviennent, en prenant les précautions les plus minutieuses, à indiquer les percements avec assez de précision, ce sont des exceptions; il est rare que ces procédés conduisent précisément au point voulu.

La méthode des coordonnées, qui, sous le rapport de l'exactitude, ne laisse rien à désirer, exige quelquefois l'exécution d'un tracé graphique, ou d'un simple croquis permettant d'embrasser d'un coup d'œil la con-

figuration des lieux, après l'exécution duquel on opère comme suit :

Soit B (fig. 16, pl. LXXVII) l'origine des coordonnées du point A, dont la longitude, la latitude et l'altitude sont respectivement L, l et h, zéro étant celles de B point de départ du percement ; B', a', c', d', e' est la trace du plan horizontal.

La longueur de la galerie à percer, ou BA, n'est autre chose que la diagonale d'un parallélipipède dont trois arêtes contiguës Bm (égal à na'), ma' et $a'A$ sont respectivement la longitude, la latitude et l'altitude du point A par rapport à B; or, Bm et ma' sont les deux côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle dont la projection horizontale Ba' est l'hypothénuse; donc

$$Ba' = \sqrt{\overline{Bm}^2 + \overline{a'm}^2} = \sqrt{L^2 + l^2};$$

mais cette projection et l'altitude de A sont les côtés d'un second triangle rectangle dont AB est l'hypothénuse; d'où $AB = \sqrt{\overline{Ba'}^2 + \overline{a'A}^2} = \sqrt{\overline{Ba'}^2 + h^2}$; équation qui, par la substitution de la valeur de Ba' trouvée ci-dessus, devient définitivement :

$$AB = \sqrt{L^2 + l^2 + h^2} \quad (A)$$

Ainsi, *la longueur de la galerie est égale à la racine de la somme des carrés des trois coordonnées.*

La direction de l'axe de percement ou l'angle $a'Bn$ qu'il forme avec le méridien vrai ou magnétique, suivant le choix de l'opérateur, est déterminé par sa tangente. En effet, dans le triangle rectangle, $a'Bn$, dont les trois côtés sont connus, on a, en prenant la longitude Bn comme rayon :

$$\text{Tang. } a'Bn : R = an : Bn = L : l,$$

$$\text{tang. } a'Bn = R\frac{L}{l}. \quad (B)$$

expression qui revient à dire : *la tangente de l'angle de direction est égale au quotient de la longitude par la latitude.*

L'inclinaison de l'axe de la galerie, ou l'angle $A\,B\,a'$, se déduit des éléments connus du triangle $A\,B\,a'$ par la relation suivante :

$$\text{Sin. } A\,B\,a' : R = A\,a' : A\,B ;$$

d'où résulte, par la substitution de la valeur de $A\,B$,

$$\text{Sin. } A\,B\,a' = R\,\frac{h}{\sqrt{L^2 + l^2 + h^2}} ; \ (C)$$

c'est-à-dire *le sinus de l'inclinaison est égal à l'altitude du point divisée par la longueur de la galerie.*

L'angle d'inclinaison est toujours plus petit que 90°; positif si la galerie est ascendante, et négatif dans le cas contraire.

Si la disposition des lieux ne permettait pas de prendre l'une des extrémités du percement comme origine des coordonnées, la valeur de celles-ci leur serait attribuée par rapport au point initial ; mais ensuite une addition ou une soustraction permettrait de considérer l'un de ces points comme origine des coordonnées. Ainsi, la longitude, la latitude et l'altitude du point B étant désignées par L', l', h', les coordonnées de A, rapportées à B, deviendraient $L' + L$; $l' + l$ et $h' + h$ ou $L' - L$; $l' - l$ et $h' - h$ suivant la position du point de départ relativement aux deux extrémités du percement. Ces valeurs devraient être substituées à L, l, h dans les formules qui précèdent.

1019. *Applications numériques. Travail rapporté sur le terrain.*

Dans le percement indiqué par la figure 16, les coordonnées de l'origine sont zéro. Les longitudes, latitudes et

altitudes du point *A* étant respectivement 27.30, 25.60 et 6.20 mètres.

$$L = 27.30\,; \qquad L^2 = 745.29$$
$$l = 25{,}60\,; \qquad l^2 = 655.36$$
$$h = 6.20\,; \qquad h^2 = 38.44$$

$$L^2 + l^2 + h^2 = S^2 = 1439.09 \quad (A)$$

Logarith. S^2 = 3.1580880

Logarith. S = 1.5790440

d'où la longueur de la galerie est de 37.93 mètres.

Soit d l'angle de direction.

Logarith. tang. d = log. L + complém. log. l (B)

Logarith. . . . L = 1.4361626

Complém. logarith. l = 8.5917600

Logarith. tangente d = 10.0279226

Angle de direction, 46° 50'.

Soit i l'angle d'inclinaison :

Logarith. sin. i = log. h + complém. log. S (C)

Logarith. . . . h = 0.7923917

Complém. logarith. S = 8.4209560

Logarith. sin. . . i = 9.2133477

Inclinaison ascendante, 9° 25'.

Pour reporter sur le terrain l'angle de direction trouvé, le géomètre peut se servir indifféremment d'une boussole ou de tout autre instrument gradué, tel que le graphomètre ou le théodolite. Dans le premier cas, comme l'angle renfermé dans les tables est toujours inférieur à 90°, il lui attribuera sa véritable valeur en considérant simultanément les signes de la latitude et de la longitude. Car *A* étant l'angle trouvé, il sait qu'il sera compris :

Entre 0° et 90° si L et l sont positifs;

entre 90° et 180° si L étant positif, l est négatif; alors il le modifie en faisant 180° — A;

entre 180 et 270 si L et l sont négatifs, d'où vient 180 + A.

enfin, entre 270 et 360 si L étant négatif, l est positif; il fait alors 360 — A.

Si les calculs ont été faits par rapport au méridien magnétique, l'angle, modifié comme ci-dessus, peut immédiatement donner la direction du percement; mais, s'il s'agit du méridien vrai, il faut tenir compte de la déclinaison magnétique, l'ajouter à l'arc résultat du calcul ou l'en retrancher, suivant les circonstances. L'angle trouvé est celui que comprennent l'axe de la galerie et le méridien magnétique.

Le géomètre qui se propose d'assigner la direction au moyen du graphomètre ou du théodolite cherche la valeur de l'angle $A B e$ formé par la projection de l'axe de la galerie à percer et la distance contiguë $B e$. A l'aide de la longitude et de la latitude du point e et de la relation (B), il cherchera l'angle $O B e$; la somme de cet angle et de $N B a'$, soustraite de 180°, donnera $A B e$. Dans certaines circonstances, ces angles devront être retranchés l'un de l'autre; c'est ce qu'indique suffisamment le tracé ordinairement annexé à la détermination des éléments de percement (1). Plaçant alors l'instrument en B, il pointe sur la station e, dont il a eu le soin de mar-

(1) Pour trouver l'angle compris entre deux distances consécutives, l'opérateur peut se servir de la formule générale $c = a + 180 + b$, d'où il déduit $b = c - (a + 180)$.

Si le résultat est négatif, il l'interprète en considérant que, soit par le calcul, soit par le jeu de l'instrument, il a retranché du nombre 360°; qu'il faut, par conséquent, prendre la différence entre le nombre négatif et 360°.

quer la place, puis il fait tourner la lunette jusqu'à ce que, formant, sur le limbe azimutal, un angle égal à *A Bc*, elle se trouve dans la direction de la galerie à percer.

L'angle d'inclinaison est indiqué au contre-maître lorsqu'il sait se servir du demi-cercle de pendage, ou bien après avoir déterminé par le calcul le nombre de millimètres par mètre dont le sol doit s'élever ou s'abaisser, on lui fait appliquer le niveau représenté dans les figures 48 et 49 de la planche IX.

Le géomètre appelé à surveiller le percement doit remettre de temps en temps son instrument en place, afin de rectifier les erreurs d'exécution.

1020. *Détermination des données relatives au percement d'une galerie de transport.*

Un puits *B* (fig. 1 bis, pl. LXXVIII) a son orifice sur une colline au pied de laquelle coule une rivière navigable. Dans le but d'amener sur les rives de cette dernière les produits de la mine, on se propose d'établir une communication directe entre le puits et la rivière en faisant déboucher une galerie au point *A*. Ce dernier étant pris pour l'origine des coordonnées, comme des obstacles existant à la surface du sol ne permettent pas de marcher directement de *A* vers *B*, et, comme de l'un de ces points, il est impossible d'apercevoir l'autre, ils seront réunis par un certain nombre de stations 1, 2, 3, etc., dont les distances forment une ligne brisée dépendante de la configuration du sol ; cette ligne, relevée à la boussole, par exemple, servira à déterminer les coordonnées du point *A*, centre du puits, relativement à l'orifice de la galerie où elles sont zéro.

Soient L, l, h les trois coordonnées de l'orifice du puits

pris à son axe ; $a = \sqrt{L^2 + l^2}$ sera la longueur de la projection horizontale de la galerie, dont la direction sera :

$$\text{Tang. } d = \frac{L}{l} \cdot R \text{ (1)}.$$

La galerie, pour la facilité du transport et l'écoulement des eaux, aura une pente dirigée du côté de l'orifice. Si φ représente le nombre fractionnaire dont elle s'élèvera par mètre courant, l'altitude de la galerie à l'axe du puits sera, relativement à son origine, $\varphi \sqrt{L^2 + l^2}$, et l'angle d'inclinaison,

$$\text{Tang. } i = \frac{\varphi \sqrt{L^2 + l}}{\sqrt{L^2 + l^2}} \cdot R.$$

La longueur se modifiera alors et deviendra :

$$\sqrt{(\varphi \sqrt{L^2 + l^2})^2 + (\sqrt{L^2 + l^2})^2}.$$

La profondeur du point du puits où aboutira la galerie sera $h - \varphi \sqrt{L^2 + l^2}$, ou la différence entre l'altitude du point B et celle de la galerie.

Le percement peut être attaqué, non-seulement à l'orifice A, mais aussi dans le puits; alors le dernier point de départ est indiqué par la différence des altitudes, et la direction est également tangente i plus ou moins 180°, suivant que le degré de direction donné pour l'orifice de la galerie est plus petit ou plus grand que 180°.

Enfin, si la galerie était d'une longeur telle qu'il fallût activer le percement par la création de deux autres chantiers, le mineur aurait recours au fonçage d'un puits C, situé au milieu de la distance AB. Dans le but de déter-

(1) Le lecteur se rappelle que d exprime l'angle compris entre la direction et le méridien réel ou magnétique.

miner la place du creusement de ce dernier, il convient d'observer d'abord que le puits devant être vertical, son orifice a la même latitude et la même longitude que le point de la galerie sur lequel il viendra déboucher ; en outre, il résulte de la considération des triangles semblables $A\,C\,C'$, $A\,B\,B'$, que la valeur des coordonnées horizontales de cette nouvelle excavation sont la moitié de celles du puits B, si C occupe le milieu de $A\,B$, et que, par conséquent, elles sont égales à $\frac{L}{2}$ et $\frac{l}{2}$. Choisissant alors la station 8 la plus rapprochée de C, dont la longitude et la latitude sont respectivement L', l', la longueur de $8\,C$ sera :

$$\sqrt{\left(\frac{L}{2} - L'\right)^2 + \left(\frac{l}{2} - l'\right)^2}$$; sa direction donnée par la tangente $d = \dfrac{\left(\frac{L}{2} - L\right)}{\left(\frac{l}{2} - l\right)}$ est un angle qu'il suffit de porter sur le terrain, en mesurant la distance ci-dessus dans le sens du rayon visuel de l'alidade, pour fixer la position du point C. La profondeur du puits, ou la connaissance des points d'attaque, sera déterminée par le calcul de l'altitude de C relativement à 8, et par la somme algébrique de cette altitude et de toutes celles qui précèdent.

Si, de la station 8, le point C était invisible et inaccessible en ligne droite, le géomètre y marcherait en suivant une ligne 8, 15, 16, m, brisée d'après les exigences du terrain, et s'arrêterait en un lieu m qu'il jugerait être dans le voisinage du point cherché. La mesure des distances comprises entre 8 et ce point m dit *perdu* lui donneront les coor-

données horizontales de ce dernier, et la différence entre les longitudes de *m* et de *C* lui indiquera, par sa valeur et son signe, la quantité dont il doit s'avancer ou se reculer parallèlement à l'équateur; il corrigera de même la latitude en cheminant au nord ou au sud, suivant le signe dont la différence des latitudes est affectée. Ainsi, dans l'exemple choisi, *m* ayant dépassé la ligne méridienne *OE* et la différence des longitudes étant positive, *m* devra être ramené à l'est d'une quantité *mo*, égale à cette différence; celle des latitudes étant négative, il reviendra vers le sud en mesurant la distance *oC*.

Les altitudes de *m* et de *C* peuvent n'être pas les mêmes; alors il pointe l'instrument de *m* en *C* pour connaître la différence de niveau des deux points, et détermine ainsi l'altitude de *C*.

Le puits arrivé à la profondeur indiquée, le mineur peut établir deux points d'attaque opposés ayant respectivemen les mêmes directions que les deux tailles établies, l'une, au fond du puits *B*, l'autre à l'orifice de la galerie. Des opérations semblables seraient exécutées pour un plus grand nombre des puits intermédiaires si la galerie comportait un plus grand développement. Toutefois il est à observer que ces puits ne sont pas ordinairement foncés au faîte de la galerie, mais dévient de quelques mètres latéralement. Cette circonstance ne change pas la marche des calculs, mais facilite, au contraire, l'exécution du travail.

1021. *Approfondissement des puits sous stot.*

Lorsque, pendant le fonçage d'un puits, l'ingénieur veut laisser un *stot* au-dessus de la tête des ouvriers, il doit, pour que les deux fractions du puits se correspondent, employer les plus minutieuses précautions.

S'il n'est lié par aucune condition accessoire, il fera creuser le puits de service à une faible distance du puits à approfondir. La longueur de la galerie à travers bancs, qui doit le ramener au-dessous du fond du puisard, se calculera par les coordonnées horizontales; et la direction, étant inverse de ce qu'elle était lorsqu'il marchait en avant, devra être augmentée ou diminuée de 180°, suivant les circonstances.

Un coup de sonde donné à travers le stot, faisant connaître la disposition relative des deux excavations, peut apporter plus de certitude dans l'opération. Soit *H* (fig. 7, pl. LXXVIII) le fond du puits dont le prolongement a été résolu; *G*, la galerie à travers bancs portée au-dessous du stot et dont l'extrémité est le point de départ du fonçage. La direction du coup de sonde étant désignée par *kbcf*, l'opérateur s'assure d'abord si la tige ne s'est pas écartée de la ligne verticale; pour cela il lui substitue une broche, rigoureusement rectiligne, qu'il compare avec un fil à aplomb, et dont il mesure la plus légère déviation avec un demi-cercle *k* placé suivant la ligne de plus grande pente. Relevant ensuite la broche jusqu'à ce que son extrémité *f* vienne se placer en *c* au faîte de la galerie, il marque le point *b* et la retire pour mesurer la longueur *cb*. Le triangle *cba*, dans lequel sont connus l'hypothénuse et l'angle *cba*, lui donnant

$$ca : cb = \sin.\ cba : R,$$

il en conclut $$ca = \frac{cb \times \sin.\ cba}{R}.$$

Cette valeur de *ca* lui étant connue, il remet la broche en place; suspend en *c* un fil à plomb *cd*; porte dans le plan déterminé par *fcd*, qui est celui de la plus grande inclinaison de la broche, la valeur *ca*; le point *a* est dans le prolongement de l'axe du puits *H*.

1022. *Problèmes relatifs à l'inclinaison et à la direction des galeries diagonales.*

La direction d'une couche étant donnée, ainsi que son inclinaison et celle d'une galerie projetée, on demande l'angle que fera l'axe de cette dernière avec la partie contiguë de la galerie d'allongement supposée de niveau. Il est bien entendu que la pente de la galerie sera moindre que celle de la couche; autrement les données seraient absurdes.

EO (fig. 4) est la ligne d'intersection de deux plans, l'un vertical *ENO*, l'autre horizontal *ESO*. Cette ligne doit être considérée comme une charnière autour de laquelle le premier plan est supposé tourner, jusqu'à ce qu'il se soit placé à angle droit sur le dernier. $CAO = i$ est l'angle d'inclinaison de la couche; $DAO = a$ est celui de la galerie à percer; *AB* est l'expression de la direction de la galerie d'allongement. Du point *A* comme centre, avec un rayon arbitraire, l'opérateur décrit l'arc *BmF*; il élève *FG* perpendiculairement à *EO*; du point *H* déterminé par une parallèle *GH*, il abaisse la perpendiculaire *Hk*. Le point d'intersection *k* donne l'angle $BAk = d$ compris entre l'axe de la galerie diagonale et celui de la galerie d'allongement. En effet, *AG* est le rabattement sur le plan vertical de la galerie inclinée dont *Ak* est la projection horizontale; la parallèle *GH* détermine, sur la couche dont *AC* est la trace, le point *H*, projection verticale du point *k*, ramené à sa place en tirant la perpendiculaire *Hk*; donc *BAk* est l'angle cherché.

L'emploi du calcul résulte de la considération des deux triangles *AJH* et *AFG*, qui, ayant même hauteur, sont

entre eux comme leurs bases, $AJ = lk$ et $AF = Ak$. Mais les bases sont entre elles comme les cosinus ou, inversement, comme les sinus des angles a et i :

Donc $lk : Ak = \text{Sin. } a : \text{Sin } i.$

Le triangle rectangle Alk donne

$$lk : Ak = \text{Sin. } d : R.$$

La combinaison des deux proportions donnant

$$\text{Sin. } a : \text{Sin. } i = \text{Sin. } d : R. \ (a)$$

la valeur cherchée est :

$$\text{Sin. } d = \frac{\text{Sin. } a}{\text{Sin. } i} \cdot R.$$

2°. *L'inclinaison d'une couche étant donnée, de même que sa direction et celle de la galerie diagonale, rechercher l'inclinaison de cette dernière.*

Après avoir tiré la ligne d'intersection EO (fig. 4), puis les lignes AC, Ak et AB, le géomètre choisit arbitrairement un point k. Du point A comme centre, il décrit l'arc kMF. Des points k et F, il élève deux perpendiculaires à EO et, par le point de rencontre H, il mine HG parallèle à EO; la ligne AD, passant par l'intersection G, donne $DAO = a$, angle que forment l'axe de la galerie et la trace du plan horizontal.

La solution trigonométrique est l'inverse de la précédente et se déduit de la relation (a).

$$\text{Sin. } a : \text{Sin. } i = \text{Sin. } d : R$$

d'où
$$\text{Sin. } a = \frac{\text{Sin. } d. \text{ sin. } i}{R}.$$

Dans ce problème, comme dans beaucoup de ceux qui concernent les mines, l'angle d'inclinaison peut être exprimé soit en degrés, soit en une fraction de l'unité de mesure égale à la quantité dont la galerie s'élève ou s'abaisse pour chacune de ces unités. Rien n'est plus facile que de passer du premier de ces modes au second, et

vice-versâ. En effet, i (fig. 10, pl. LXXVII) étant l'angle d'inclinaison ; ab la longueur de la distance mesurée suivant la pente, et ac la longueur de sa projection ; si l'inclinaison est donnée par le rapport de la perpendiculaire bc à l'horizontale ac, la valeur de l'angle cherché dérivera de la relation :

$$\text{Tang. } i = \frac{cb}{ac} \cdot R.$$

Sachant, par exemple, qu'une galerie s'élève de 0.15 mètre par mètre, le calcul s'effectuera comme suit :

$$\begin{array}{lrr} \text{Logarith. } 0.15 & = & \bar{1}.17609 \\ R & = & 10.00000 \\ \hline \text{Logarith. tang. } i & = & 9.17609 \\ \text{Angle } i & = & 8^{\circ}.\ 30'. \end{array}$$

Si l'inclinaison est exprimée en degrés et si, connaissant ab, il s'agit de trouver la valeur de la ligne verticale cb, celle-ci résultera de l'équation

$$cb = \frac{\text{Sin. } i \times ab}{R}$$

1023. ***Trois points, non en ligne droite, donnés sur une couche, suffisent pour déterminer sa direction et son inclinaison*** (1).

Soient A, B, C (fig. 3, pl. LXXVIII), trois points tracés sur le plan horizontal ; XY la ligne d'intersection de ce dernier avec le plan vertical XNY, au-dessus de laquelle sont projetées les hauteurs a, b, c des points A, B, C, si les altitudes sont positives. $X'Y'$ est la ligne d'intersection d'un autre plan vertical, sur lequel se projettent

(1) Il est entendu que les points ne doivent pas se trouver tous suivant une même ligne de direction ou de pente.

également les trois points, lorsqu'au contraire les altitudes sont négatives. Tous les raisonnements relatifs au plan vertical XNY s'appliquent également au plan $X'SY'$.

Des points A, B, C, le dessinateur abaisse des perpendiculaires sur la ligne de terre ; il les prolonge et porte sur chacune d'elles les longueurs ao, bq et cp, qui expriment les hauteurs des trois points au-dessus de XY. Faisant passer un plan par l'un des points extrêmes, par exemple par a, le moins élevé des trois, sa trace sera ad ; cette ligne, dont tous les points sont à même hauteur que a, sera donc la trace de la direction de la couche sur le plan vertical. Mais cm est l'excès de la hauteur du point C sur A ; dm est la projection verticale de dc ; or, puisque le deuxième point de la direction doit se trouver simultanément sur da et sur dc, il se trouvera au point d'intersection d, qui, projeté sur le plan horizontal, donnera D. Ce dernier, réuni avec A, détermine AD, direction de la couche.

L'inclinaison se dirigeant suivant CE, perpendiculaire à DA, un triangle rectangle, construit avec CE et cm comme côtés adjacents d'un angle droit, donnera immédiatement l'angle d'inclinaison, dont le sommet se trouve en C.

Il existe un autre procédé plus particulièrement applicable sur le terrain, car il n'exige qu'une simple règle de trois. Considérant que, dans les deux triangles semblables cbn et cdm, cn et cm sont les excès des hauteurs de C et de B sur A ; puis remplaçant les projections verticales des bases par leurs projections horizontales, on a :

$$DC : BC = cm : cn$$

$$\text{d'où } DC = \frac{BC \times cm}{cn}$$

Prolongeant sur le terrain la ligne CB d'une quantité $BD = DC - BC$, DA sera la ligne de direction.

Les tracés graphiques sont peu en usage parce que les différences des hauteurs sont petites relativement aux distances; que les angles sont fort aigus et que, par conséquent, il est difficile de ne pas commettre des erreurs sensibles, à moins d'opérer avec une échelle fort grande, ce qui est incommode. Ces tracés n'ont pour but que d'éclairer les solutions trigonométriques.

Pour procéder par calcul (fig. 5), l'opérateur a dû prendre la valeur de l'angle BCA, avec la boussole ou le graphomètre, et mesurer les distances AC et BC; alors, connaissant $C'm$ et $B'n$, excès des altitudes de C et de B sur A, il déduit, comme ci-dessus, la valeur de DC par l'équation :

$$DC = \frac{BC \times C'm}{B'n}.$$

Le triangle obliquangle DCA, dans lequel il connait l'angle C, mesuré sur le terrain et les deux côtés adjacents $CD = a$ et $CA = d$, lui donne la relation :

$$a + d : a - d = \text{tang.}\ \tfrac{1}{2}(A + D) : \text{tang.}\ \tfrac{1}{2}(A - D).$$

Les deux premiers termes sont connus; le troisième est la différence entre deux angles droits et C, et le dernier se trouve en posant :

$$\text{Tang.}\ \tfrac{1}{2}(A - D) = \frac{a - d}{a + d} \times \text{tang.}\ \tfrac{1}{2}(A + D);$$

d'où résulte la connaissance des deux angles A et D. Le premier donne la direction de AD par l'angle compris entre cette dernière ligne et AC, c'est-à-dire de l'est à l'ouest; le second par l'angle ADC, ou de l'ouest à l'est.

Si les directions avaient été observées à la boussole, la différence des deux arcs, mesurés en C, aurait donné

la valeur de l'angle $DCn = sDC$; d'où résulterait $n'DA = 180° - (sDC + CDA)$, graduation de la direction vers l'est. Le complément à 360° serait l'angle formé par la boussole placée en A, lorsqu'elle indique la direction de l'est à l'ouest. Enfin, si la graduation des lignes BC et AC a été prise en visant sur C des points A et B, il suffit de retrancher D de la graduation de BC et d'ajouter A à celle de AC.

La méthode des coordonnées peut être appliquée à ces calculs. A étant le point d'origine, les coordonnées horizontales de C et de B sont déterminées relativement à ce point. D, situé sur le prolongement de CB, a une direction connue ; il est donc facile de trouver la longitude et la latitude de D, en se reportant en C et faisant abstraction de B.

Les coordonnées sont en C et par rapport à A.

Longitude — . . . . — 31

Latitude — . . . . — 22

en outre, $CD = CB + BD$. = . . . + 40

L'angle formé par CB et le méridien. . 39°

Elles sont pour D relativement à C

Longitude $40 \times \sin. 39° =$ . . . . . — 25 17

Latitude $40 \times \cos. 39° =$ . . . . . + 31.08

Et relativement à A.

Longitude $(-31) + (-25.17) =$. — 56.47

Latitude $(-22) + (+31.08) =$. + 9.08

Les coordonnées de A étant zéro, la direction de la couche sera exprimée par un angle dont la tangente est :

$$\frac{-56.17}{+9.08} = \text{tang. } 81°$$

c'est-à-dire qu'elle formera au point A avec le méridien magnétique ou réel, suivant le choix de l'opérateur, un angle à l'ouest de 81°.

Quant à l'inclinaison, le triangle rectangle AkC étant connu par son hypothénuse AC et par son angle aigu kAC, il calculera la projection horizontale kC. Le triangle okC, dans lequel $Co = C'm$ est l'excès de la hauteur de C sur A, lui donnera :

$$\text{Tang. } Cko : R = Co : Ck$$

$$\text{D'où Tang. } Cko = \frac{Co}{Ck}R.$$

La direction de la ligne de plus grande pente, formant un angle droit avec la direction de la couche, est facile à obtenir.

1024. *Déterminer par sondage l'inclinaison, la direction et la puissance des couches.*

Trois coups de sonde non en ligne droite donnent la position de trois points pris sur une couche ; si, pour deux d'entre eux, la rencontre a lieu au même niveau, la ligne qui les réunit sera la direction cherchée ; mais il est rare qu'il en soit ainsi. Lors donc que les trois points atteignent la couche à des profondeurs inégales, la direction et l'inclinaison de celle-ci résultent d'un tracé analogue à celui qui est exprimé sur le plan vertical $X'SX'$ (fig. 3), dans lequel les altitudes, étant négatives, sont portées au-dessous de la ligne de terre, ou par des calculs identiques à ceux qui viennent d'être exposés.

Si le géomètre a eu le soin de niveler préalablement les trois orifices des trous de sonde, afin de les ramener au même niveau, il peut opérer immédiatement sur le terrain, lorsque, par la considération des triangles semblables, il a déterminé la longueur de la ligne CD, ainsi que cela a été indiqué ci-dessus.

Il cherche ensuite graphiquement la puissance de la couche, dont il a reconnu l'inclinaison par l'opération sui-

vante. En un point b (fig. 6) choisi arbitrairement sur un plan horizontal HO, il prend bd égal au diamètre du trou de sonde ; il forme un angle NbH égal à l'inclinaison de la couche ; puis, prenant les hauteurs où se trouvait l'outil de sondage, soit au moment où celui-ci commençait à entamer la stratification, soit après l'avoir abandonnée, il en porte la différence de d en a ; et la ligne ac, abaissée normalement au mur, est l'expression de la puissance de la couche.

Pour opérer par calcul, il désigne par

A, la distance verticale ad,
D, le diamètre du trou de sonde,
B, la puissance de la couche,
i, son angle d'inclinaison,
v, l'angle que forme la verticale avec ab.

Les deux triangles rectangles bac et abd, ayant l'angle cad égal à cbH, égal à i, lui donnent :

Le premier, $\cos.\,(i+v) : R = B : ab$.
Le second, $R : \text{cosin.}\, v = ab : A$.

Composant les deux équations, il en déduit :

$$B = A \times \frac{\text{cosin.}\ (i+v)}{\text{cosin.}\ v}.$$

Mais, $\cos.\,(i+v) = \cos.\,i \times \cos.\,v - \sin.\,i \times \sin.\,v$;

$$\frac{\cos.\,(i+v)}{\cos.\,v} = \cos.\,i - \sin.\,i \times \frac{\sin.\,v}{\cos.\,v}$$

$$= \cos.\,i - \sin.\,i \times \text{tang.}\,v.$$

En outre, $\text{tang.}\,v = \frac{bd}{ad} = \frac{D}{A}$

Donc $B = A\cos.\,i - D\sin.\,i.$

1025. ***Connaissant la position de deux points d'une couche et son inclinaison, déterminer sa direction.***

Soient A et B (fig. 10 M et N) les deux points donnés et i l'angle d'inclinaison, l'opération graphique consiste à tracer sur une ligne horizontale $m\,t$ (fig. N) un angle $m\,t\,n$ égal à l'angle d'inclinaison; à prendre sur une perpendiculaire quelconque mn, une hauteur $mo = ba = (h' - h)$ égale à l'excès de l'altitude de B sur celle de A, d'où résulte $b\,t$, projection horizontale de la ligne de plus grande pente. Puis du point B (fig. M), avec un rayon égal à $b\,t$, à décrire un cercle auquel est menée une tangente partant du point A. $T\,A$ sera la ligne de direction de la couche.

Ce tracé conduit à deux solutions $T\,A$ et $T'\,A$; mais les données elles-mêmes ne laissent aucun doute sur la ligne à choisir, car il est facile de voir d'un premier coup d'œil que $T'\,A$ s'applique au cas où le point B serait situé au-dessous du point A.

La solution trigonométrique consiste à déterminer la valeur de $b\,t$, en fonction de $h' - h$ et de l'angle i, au moyen de la relation :

$$b\,t = \frac{h' - h}{\text{tang. } i} R.$$

Puis $B\,A\,T$ étant l'angle de direction égal à d,

$$\text{Sin. } d : R = b\,t \text{ ou } (B\,T) : A\,B.$$

Substituant la valeur $b\,t$ trouvée ci-dessus, il vient :

$$\text{Sin. } d = \frac{h' - h}{\text{tang. } i} + \frac{R^2}{A\,B}.$$

C'est ainsi que deux points de l'affleurement d'une couche et son inclinaison permettraient de déterminer sa direction.

1026. *Fausses lignes de direction et d'inclinaison.*

De même que la ligne qui réunit les deux points extrêmes d'une galerie dont le sol est de niveau dans toute son étendue, indique la vraie direction de la couche entre les points donnés, et que la normale à cette ligne est l'expression de la plus grande pente ; de même aussi une galerie diagonale exprime une fausse direction ou une fausse inclinaison. Il est toujours possible, dans les mines de houille, de se procurer ces fausses indications à défaut des vraies, et de déduire celles-ci des premières.

Voici les opérations à effectuer sur le terrain pour se procurer les données nécessaires à cet objet. Après avoir choisi la partie de l'excavation où les roches encaissantes se montrent à découvert sur la plus grande surface, l'opérateur fixe au toit deux fils à plomb, dont l'un correspond à l'axe de la lunette de la boussole placée immédiatement au-dessous, et l'autre, servant de point de mire, est éclairé par un ouvrier; celui-ci a le soin de placer la flamme de la lampe à une hauteur au-dessus du sol égale à la distance verticale qui sépare ce dernier de l'axe de la lunette. La graduation indiquée sur le limbe azimutal et celle du demi-cercle de pendage sont réciproquement les valeurs de la fausse direction et de la fausse inclinaison qu'il s'agit de mettre en relation géométrique avec d'autres points de la mine. Si le toit était plus régulier que le mur, le rayon visuel serait porté parallèlement à ce dernier.

En Allemagne, où la boussole suspendue est en usage, un fil tendu parallèlement à la plus régulière des salbandes est le point de suspension de la boussole et du demi-cercle.

1027. *Connaissant les fausses directions et les fausses inclinaisons, trouver les vraies.*

Ces lignes ayant été reconnues par le procédé précédent, ou par le levé de galeries ascendantes ou descendantes quelconques, donnent lieu à l'opération suivante : Soit *A B* (fig. 8) la partie connue d'une galerie d'allongement ; *X Y* la direction de la fausse inclinaison dont la valeur est connue. La somme des altitudes donne l'excès de hauteur du point *B* au-dessus de *A*, excès qui, porté en *B c* perpendiculairement à *X Y*, détermine le point *d*, après avoir fait *B c d* égal au complément de l'angle de fausse inclinaison. La ligne *A d* exprime la vraie direction et *B f*, perpendiculaire à *A d*, la direction de l'inclinaison dont l'angle *B f e* indique la valeur. Le lecteur reconnaitra immédiatement les motifs de ce tracé, s'il se figure mentalement que les deux triangles rectangles *c B d* et *e B f* tournant autour de leurs bases *B d* et *B f*, prises comme charnières, viennent prendre une position verticale sur le papier, en sorte que les points *e* et *c* se confondent.

Pour une altitude de *B* négative relativement à *A*, il faudrait rechercher la direction vers la tête de la couche en construisant sur *X Y* le triangle *h B g*, dont *h g* est la différence des altitudes et *h B g* l'angle de fausse inclinaison ; *A h* serait la direction et *i B k* la valeur de l'inclinaison vraie.

Le cas dans lequel la fausse inclinaison est connue par le levé d'une galerie fortement inclinée rentre dans le problème général (paragraphe 1023), puisqu'alors les coordonnées de trois points, non en ligne droite, pris sur la couche sont connues ; mais il est plus expéditif de procéder, dans cette circonstance, d'une manière analogue à l'opération ci-dessus.

Soient A, d (fig. 9), les deux points extrêmes de la galerie d'allongement; BC une galerie ascendante dont la projection horizontale et la hauteur du point C relativement à A ont été préalablement déterminées. Traçant XY parallèle à BC et prenant de et ef respectivement égaux à la projection horizontale et à la hauteur, on forme le triangle rectangle fed; eg est l'excès de l'altitude de d sur A; gl parallèle à XY vient rencontrer en l le prolongement de fd; alors, menant li perpendiculaire à XY, Ai est la ligne de direction cherchée. Pour trouver la direction et la valeur de la véritable inclinaison, lk et gk sont menées l'une parallèle, l'autre perpendiculaire à Ai; prenant alors $gh = gf$, le triangle rectangle ghk fournit les déterminations cherchées. De petites modifications introduites dans le tracé suffiraient, s'il s'agissait d'une galerie descendante, au lieu d'une galerie ascendante.

Calculs trigonométriques: 1er. cas (fig. 8).

Le triangle Bcd dans lequel est connu Bc excès de la hauteur du point B sur A, et l'angle Bdc, donne Bd projection horizontale de la fausse inclinaison considérée comme une distance, puisqu'on en connait la direction et la longueur. Cette ligne et les distances mesurées entre A et B permettent de déterminer les coordonnées horizontales du point d, comme s'il eût été accessible. Il ne reste plus qu'à établir la valeur de l'angle compris entre la ligne Ad et le méridien, par la formule (B) du paragraphe 1018.

Le calculateur peut encore, s'il veut rapporter Ad à AB, calculer la longueur de la première et chercher l'angle BAd par la proportion.

$$Ad : Bd = \sin. ABd : \sin. BAd,$$

l'angle ABd étant connu, puisqu'il résulte des directions

connues de $A\,B$ et de Bd. Quant à l'inclinaison, il considère d'abord le triangle dBf, dans lequel il connaît dB et l'angle dBf, dont la valeur se déduit des directions connues de dB et Bf. La valeur de bf résulte des proportions :

$$\text{Tang. } efB : R = Be : Bf$$

ou bien $$\text{Tang. } efB : \text{tang. } cdB = Bf : Bd.$$

Dans le second cas (fig. 9), après avoir déterminé la direction moyenne de la projection horizontale de la montée BC, les deux triangles fed et dil lui donnent :

$$ef : ed = li : di,$$

d'où vient la valeur de di au moyen de laquelle il établit les coordonnées horizontales du point i et la direction de Ai. Enfin, la valeur de l'inclinaison résulte de la comparaison des triangles fgl et hgk et de la considération que $gl = ed + di$.

1028. *Tracé d'une méridienne par la méthode des hauteurs correspondantes du soleil, sans calcul et sans instruments.*

Le soleil, depuis son lever jusqu'à son passage au méridien et du méridien à son coucher, est doué d'une vitesse angulaire sensiblement uniforme; ensorte que la hauteur de l'astre, considéré en deux points choisis, l'un avant, l'autre après-midi, sera la même s'il se trouve à égale distance du méridien. Tous les instants du parcours, pris ainsi deux à deux, constituent *les hauteurs correspondantes du soleil.*

Un *style*, ou verge en fer bien droite installée verticalement sur un plan horizontal, projette une ombre, dont la

longueur diminue du matin à midi, pour s'accroître ensuite de quantités exactement égales aux raccourcissements qui ont précédé; en sorte que deux ombres égales observées l'une avant, l'autre après-midi, correspondent à des hauteurs égales du soleil et par conséquent à des distances égales du méridien; la position de celui-ci est dès lors déterminée. Après avoir établi un plan horizontal *A B* (fig. 11) métallique ou de toute autre matière assez dure pour qu'il soit possible d'y tracer des lignes circulaires *a m b*, *a' m' b'*, *a'' m'' b''* fort déliées, le géomètre implante un style dont l'axe coïncide avec le centre des cercles, ou mieux encore un cône *C* dont le sommet correspond verticalement au même point. Il observe, avant et après-midi, les instants où l'extrémité de l'ombre vient en contact avec la circonférence des cercles, et marque les points *a*, *a'*, *a''*, *b''*, *b'*,*b* ; les arcs compris entre deux hauteurs correspondantes sont divisés en deux parties égales et les points de division *m*,*m'*,*m''* sont les éléments d'une ligne droite exprimant la trace du plan méridien.

Un seul cercle suffirait évidemment ; mais il importe d'en tracer plusieurs, afin de s'assurer de l'exactitude de l'opération, en vérifiant si une ligne, ayant son origine au pied de l'axe du cône, passe par chaque point de la division des arcs. Si cette coïncidence n'existait pas, l'opération devrait être considérée comme nulle.

L'extrémité de l'ombre est d'autant plus confuse et plus difficile à reconnaître que le sommet du cône est plus élevé au-dessus du plan horizontal et que les rayons du soleil se dirigent plus obliquement vers ce dernier ; aussi convient-il de limiter cette hauteur et d'opérer pendant les plus longs jours de l'année, époque où la direction des rayons se rapproche le plus de la verticale. Mais alors surgit un autre inconvénient : les ombres n'embrassent

que des arcs d'une petite amplitude et déterminent une trop faible partie de la ligne méridienne. Pour y porter remède, il convient quelquefois de substituer au cône une plaque métallique inclinée et percée d'un trou circulaire destiné à laisser passer l'image du soleil ; alors la séparation de l'ombre et de la lumière est beaucoup plus distincte, quoique la hauteur de cet objet puisse s'élever de 1.50 à 1.70 mètre. Dans ce cas, un fil à plomb, passant par le centre de l'ouverture, indique sur le plan horizontal le centre des cercles concentriques. La position plus ou moins verticale ou oblique du support devient complètement indifférente.

Les géomètres allemands attachés aux mines métalliques font usage d'un procédé analogue. Ils construisent une niche (fig. 13) sur la façade ou à l'angle d'un bâtiment, et la disposent de telle manière que les rayons du soleil puissent pénétrer, avant et après-midi, dans l'intérieur de la pièce, sur le sol de laquelle doit être tracée la méridienne. Le fond de la niche est fermé par une plaque en cuivre *mn* installée verticalement et percée d'une ouverture circulaire d'environ 0.04 mètre de diamètre. A peu de distance des bords de celle-ci (représentée en détail dans la fig. 13 bis) est soudé un anneau destiné à maintenir en place un disque mince muni d'une ouverture de 0.002 mètre de diamètre. Le point du sol correspondant verticalement au centre du trou est le centre des cercles concentriques, dont le plus grand a pour rayon 1.25 mètre.

Comme les rayons obliques du soleil se projettent en ellipses sur le plan horizontal, à cause de la position verticale du trou qu'ils ont à traverser, la recherche du centre de figure exige l'emploi d'un compas à trois pointes, dont deux embrassent le petit axe, tandis que la troisième tombe à l'une des extrémités du grand. Dès

que l'ellipse vient en contact avec la circonférence de l'un des cercles horizontaux, l'opérateur la suit avec le compas, et cela jusqu'au moment où le petit axe coïncide avec la circonférence du cercle ; en cet instant, il en marque immédiatement les deux extrémités. Le milieu de cette distance est le point correspondant au centre de l'ouverture percée sur la paroi verticale.

Les volets de la chambre doivent être fermés, afin que les contours de l'ellipse soient franchement terminés, et, dans le même but, il convient de choisir le mois de juin pour l'opération, puisque, à cette époque, la projection des rayons lumineux s'écarte le moins du pied de la perpendiculaire. Les flèches dessinées sur le plan expriment les rayons du soleil au moment où ils coïncident avec les cercles précédemment tracés ; les arcs compris entre deux rayons, divisés en parties égales, indiquent, par la ligne *NS*, la direction de la méridienne.

Ce procédé suppose que le soleil se tient, pendant le cours d'une journée, dans le même parallèle céleste, ce qui n'est pas exact ; car, se rapprochant et s'éloignant sans cesse de l'équateur, il passe successivement sur divers parallèles ; mais les effets de cette marche oblique sont trop peu sensibles, dans l'intervalle de quelques heures, pour ne pouvoir être négligés. S'il existe une inexactitude dans ce procédé, c'est l'erreur inhérente à toutes les opérations graphiques.

1029. *Tracé, par la même méthode, à l'aide d'un instrument gradué.*

L'instrument en usage est un graphomètre ou un théodolite muni d'une lunette propre à mesurer les hauteurs,

et dont le verre oculaire est colorié, afin que les yeux ne souffrent pas de la trop grande intensité de lumière. Après avoir placé sur (0) zéro l'alidade du limbe horizontal, l'instrument est disposé de manière à pointer sur le soleil, lorsqu'il est environ 10 heures du matin, en cherchant à faire coïncider le centre du soleil et l'intersection des fils de la lunette par un mouvement lent imprimé à cette dernière à l'aide de la vis de rappel. Ce point trouvé, l'instrument doit rester immobile jusqu'au moment de la seconde observation, qui aura lieu vers deux heures de l'après-midi. Un peu avant cette époque, l'observateur imprime à la lunette un mouvement vers l'ouest, où se trouve le soleil; il attend que celui-ci entre dans le champ de la lunette et le suit jusqu'à ce que la croisée des fils tombe sur le centre de l'astre; alors l'arc du limbe horizontal indique la quantité angulaire comprise entre les deux hauteurs correspondantes prises à égale distance du méridien, dont la place est désignée par le milieu de l'arc. Faisant donc tourner la lunette en arrière d'une quantité égale à la moitié de l'arc parcouru, il la rabat sur un objet remarquable de la surface; une ligne menée de ce dernier au lieu de l'observateur est la trace du plan méridien.

Une lunette de repère lui permet de constater l'invariabilité de l'instrument, pendant la durée de l'observation, en pointant sur un objet fixe et immobile choisi à la surface ou au-dessus du sol, mais placé à une distance considérable. Il peut aussi, pour plus d'exactitude, faire plusieurs observations correspondantes avant et après-midi, dans l'espoir que les erreurs, ne se faisant pas dans le même sens, se corrigeront mutuellement. Dans ce cas, ayant choisi un point fixe O (fig. 12), il observe les angles horizontaux, tels que ONb, ONa, etc., que forment l'objet,

le lieu de l'observateur et le soleil pris à différentes hauteurs avant-midi, et note l'arc indiqué par les limbes horizontaux et verticaux. Lorsque le soleil a passé le méridien, il cherche à saisir les hauteurs, telles que $O N a_1$, $O N b_1$, etc., correspondantes à celles qui ont été observées avant le passage; l'azimuth de l'objet O, c'est-à-dire l'angle horizontal qu'il forme avec le méridien, est la moyenne arithmétique de la demi-somme des observations correspondantes. Ainsi, dans l'exemple, il aurait pour la valeur de l'angle cherché $\dfrac{\dfrac{ca + ca'}{2} + \dfrac{db + db'}{2}}{2}$

1030. *Déterminer une méridienne par l'observation d'une seule hauteur du soleil mesurée avant ou après-midi.*

Soit a (fig. 15) le lieu de l'observateur; NS, l'axe terrestre; $h\,z\,o\,n$, le plan du méridien du lieu a; EQ, l'équateur; z, le zénith; n, le nadir. On se propose de fixer la valeur de l'angle horizontal $x\,a\,h$ ou l'azimuth de l'astre au moment de l'observation de sa hauteur.

Trois éléments sont nécessaires pour ce calcul :

1°. La hauteur du soleil quelques heures avant ou après-midi, avec la désignation de l'heure à laquelle se fait l'observation. Il est facile de tenir compte de cette dernière circonstance avec un chronomètre ou une montre à secondes bien réglée; mais, comme les mineurs possèdent rarement des instruments de cette nature, ils y suppléent en mettant

en mouvement un pendule à secondes (1) à l'instant précis où l'aiguille d'une montre ordinaire indique le passage d'une minute à la suivante. La personne qui tient le pendule en compte les oscillations à haute voix, et l'observateur retient le nombre indiqué au moment où il parvient à saisir le centre de l'astre avec l'intersection des deux fils de la lunette. L'angle lu sur le limbe vertical doit subir les corrections relatives à la réfraction, dont les éléments sont contenus dans toutes les tables astronomiques.

2°. La latitude du lieu que l'observateur trouve dans les annuaires astronomiques; s'il s'agit d'un bassin houiller, tel que celui du Centre, par exemple, compris entre les villes de Charleroi et de Mons, qui toutes deux, d'après l'*Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles*, ont pour latitude 50° 26', il en conclura que ce bassin, peu écarté au nord ou au sud de ces deux points, est situé sur le même parallèle. Dans un pays où la latitude des principaux points ne serait pas fixée, il la chercherait directement par l'observation, soit de la plus grande hauteur du soleil, soit de celle du pôle au-dessus de l'horizon, moyenne de la plus grande et la plus petite hauteur de l'étoile polaire;

3°. La déclinaison du soleil, c'est-à-dire la distance angulaire de l'astre à l'équateur, à l'instant de l'observation. Les calendriers des annuaires astronomiques contiennent ordinairement une colonne dans laquelle se trouve la déclinaison de l'astre à midi pour chaque jour de l'année; or, celui-ci s'élevant et s'abaissant avec une vitesse uniforme,

(1) Le pendule à secondes est d'autant plus court que le lieu se rapproche davantage de l'équateur. Pour les bassins houillers belges, cette longueur est de 0,9997 mètre ou sensiblement 1 mètre.

la déclinaison pour chaque heure de la journée se trouve par la proportion suivante. Le nombre d'heures écoulées entre deux passages successifs du soleil au même méridien, (ou 24 heures), est au nombre d'heures qui se sont écoulées entre le dernier midi et l'heure de l'observation comme la différence entre les déclinaisons du soleil, lors de ses deux passages consécutifs au méridien, est à la différence de déclinaison cherchée. Si, par exemple, l'observation de la hauteur du soleil a été faite à 8 heures 15' précises du matin le 1er. juin 1850, on aura :

Déclinaison au 1er. juin	à midi,	22°.	1'
Id. au 31 mai	id.	21 .	52
	Différence,	0 .	8'

puis de la proportion :

$$24^{h} : 20^{h}\ 15' = 0°.\ 8' : x$$

il vient : $\dfrac{20.\ 15' \times 0.\ 8'}{24} = 0°.\ 6'75$. Cette valeur, ajoutée à la déclinaison du 31 mai, donne 22° pour la déclinaison du soleil au 1er. juin à 8 heures 15' du matin. A l'époque où le soleil s'avance vers le pôle boréal, la différence est retranchée au lieu d'être ajoutée.

Ces trois données correspondent aux arcs indiqués par la figure, savoir :

1°. Hauteur du soleil, $x\,s$
2°. Latitude du lieu, $N.\,h$
3°. Déclinaison, $s\,y$

Les compléments de ces arcs :

$$90° - x\,s = s\,z = a$$
$$90 - Nh = Nz = b$$
$$90 - s\,y = sN = c$$

sont les éléments d'un triangle sphérique Nsz, dont la

connaissance des trois côtés permet de déterminer l'azimuth de l'astre ou l'angle $x\,a\,h = B$, par la relation :

$$\text{Sin.}\frac{1}{2}B = \sqrt{\frac{\text{Sin.}\frac{1}{2}(b+a-c)\,\text{Sin.}\,\frac{1}{2}(b+c-a)}{\text{Sin } a.\ \text{Sin } c.}}$$

et par les logarithmes :

$$\text{Log. sin. } \frac{1}{2}B = \frac{1}{2}\Big[\text{log. sin. } \frac{1}{2}(b+a-c) + \text{log. sin. } \frac{1}{2}(b+c-a) - \text{log. sin. } a - \text{log. sin. } c.\Big]$$

Application numérique.

Hauteur du soleil,	34° 14
Latitude du lieu,	50° 26
Déclinaison,	22° —

d'où résulte

$$a = 90° - 34°\ 16' = 55°\ 46$$
$$b = 90 - 50\ \ 26 = 39°\ 34$$
$$c = 90 - 22 = 68° -$$
$$\frac{1}{2}(b+a-c) = 13°\ 40'$$
$$\frac{1}{2}(b+c-a) = 25\ \ 54$$

Log. sin. $\frac{1}{2}(b+a-c)$ =	9.57341
Log. sin. $\frac{1}{2}(b+c-a)$ =	9.64028
Complément log. sin. a . . . =	0.08263
Complément log. sin. c . . . =	0.03284
	19.12916
Demi-somme. . .	9.56458

$$= \text{log. sin. } 21^\circ\ 31'\ 30'' = \frac{1}{2} B$$

Angle azimutal $43^\circ\ 3' = B$

L'angle étant trouvé, l'opérateur s'assure, à l'aide de la lunette de repère, que l'instrument est resté immobile depuis le moment où il a mesuré la hauteur de l'astre; alors il tourne l'alidade horizontale de toute la valeur de l'angle azimutal trouvé; rabat la lunette sur un objet terrestre dont la position est fixe et invariable, et remarque le point correspondant au fil vertical de la lunette. La droite qui unit ce point et le lieu de l'observateur est la trace de la méridienne.

1031. *Détermination de la méridienne à l'aide d'une étoile fixe.*

Le géomètre emploie ordinairement l'étoile polaire, qui, généralement connue, se trouve dans des conditions favorables pour cette observation.

S'il possède une montre à secondes bien réglée, il recherche dans un annuaire l'heure du passage de l'étoile au méridien pour un jour donné, et la saisit en cet instant à l'intersection des fils de la lunette. Il s'assure ensuite si les intervalles entre deux passages consécutifs sont égaux. Dans ce cas, la lunette est dans le plan du méridien; mais, dans le cas contraire, il doit calculer la différence observée et voir dans quel sens il faut ramener la lunette pour l'anéantir, ce qu'il fait à l'aide de la vis de rappel. Une nouvelle observation faite lors

du passage suivant, c'est-à-dire six heures environ après le précédent, lui indique l'inégalité qui, pouvant encore subsister, devient l'objet d'une correction semblable. Le point précis étant trouvé, le zéro de l'alidade correspondant au zéro du limbe horizontal, il vise sur un fanal ou un réverbère assez éloigné, dont l'azimuth est indiqué par la graduation de l'instrument ; puis un point fixe pris dans le plan du méridien détermine la trace de ce dernier par sa jonction avec le lieu de l'observateur.

Celui-ci peut aussi employer la méthode des hauteurs correspondantes de l'étoile, en agissant pour elle de la manière indiquée pour le soleil dans le paragraphe qui précède. Mais le procédé suivant est plus simple et beaucoup plus exact.

L'élongation orientale ou occidentale de la polaire est la position à l'est ou à l'ouest de cette étoile lors de son écartement angulaire maximum du méridien. L'observateur qui suit l'étoile dans cette position lui voit décrire avec lenteur un arc vertical de sa révolution, lorsqu'elle monte ou descend le long du fil de la lunette. Il détermine le plan vertical $Z E$ (fig. 14) passant par le zénith de l'observateur et par l'étoile polaire lors de son élongation occidentale, par exemple, relativement à un autre plan vertical passant par un réverbère E', fort éloigné du lieu de l'observation ; c'est-à-dire qu'il recherche la valeur de l'angle horizontal $f a E'$, compris entre les deux plans.

Alors, considérant le triangle $N Z E$, il voit qu'il est rectangle en N, puisque le plan vertical dans lequel se trouve l'étoile lors de son élongation, étant dirigé de l'est à l'ouest, est nécessairement perpendiculaire au plan méridien ; il connait, en outre, l'arc NZ égal au complément de la latitude ou $90° - Nh = 90° - L$, et l'arc NE

égal au complément de la déclinaison de l'étoile (1), ou $90° - ED = 90° - D$. Sachant que les sinus des angles plans d'un triangle sphérique sont entre eux comme les sinus des côtés opposés, il fait l'angle $h\,a\,E' = Z$ et pose la proportion :

Sin. Z : sin. $90°$ = sin. NE ou cos. D : sin. NZ ou cos, L.

$$\text{d'oú} \qquad \sin. Z = \frac{\cos. D}{\cos. L}.$$

Cet angle est ajouté au premier $E'af$, si l'observation a eu lieu lors de l'élongation occidentale de l'astre, et retranché, si l'opération s'est faite lorsqu'il se trouvait à l'est du méridien. La somme ou la différence de ces arcs est l'azimuth du fanal.

Application numérique.

Soit la latitude . . .	$= L =$	50° 26'
La déclinaison de l'étoile .	$D =$	88. 29' 37"
Log. cosinus 88° 29' 37" . .	=	8.41976
Complément log. cos. 50 26.	=	0.19588
Logarith. cos. 2° 21' 55"	=	8.61564

Supposant que l'arc compris entre le fanal et l'élongation occidentale de l'étoile mésurée horizontalement a été

trouvé de	16° 10'
l'arc ci-dessus étant ajouté	2 21 55
l'azimuth du fanal est de	18° 31' 55"

Une éphéméride fait connaitre approximativement l'instant où l'observation doit avoir lieu. La figure 16 (2) indique

(1) La nouvelle *Connaissance des Temps*, publiée par le Bureau des longitudes de Paris, et autres éphémérides, font connaître la déclinaison de l'étoile polaire, de trois en trois jours, et celle de soixante autres étoiles de dix en dix jours.

(2) Cette figure, empruntée à un opuscule de M. le commandant du génie Leblanc, représente les relations de l'étoile polaire avec les constellations de la Grande-Ourse et de Cassiopée.

également l'heure du passage de l'étoile au méridien dans les différentes saisons. D'ailleurs, les élongations ont lieu environ 3 heures avant ou après le passage.

1032. *Emploi de la trace d'un plan méridien pour l'observation de la déclinaison et pour l'orientation des plans de mines.*

Lorsque le géomètre, par l'une des méthodes ci-dessus indiquées, a tracé sur le sol d'un appartement ou en plein air une ligne méridienne d'une exactitude suffisante, il s'en sert pour observer, chaque fois que les circonstances le réclament, la valeur de la déclinaison magnétique, celle de l'excentricité du point de suspension de l'aiguille, et pour orienter les plans relevés à l'aide d'un instrument gradué autre que la boussole. Les traces du plan méridien, déterminées sur le sol intérieur d'un bâtiment, ne peuvent être utilisées d'une manière efficace que pour les boussoles suspendues. Dans ce cas, l'opérateur place à chaque extrémité de la ligne une plaque métallique percée d'un trou correspondant verticalement à la trace; en sorte qu'un cordon de soie fortement tendu, dont les extrémités passent dans ces trous, est, dans le plan du méridien, de même que la boussole qui s'y trouve suspendue. Mais, s'il s'agit d'une boussole à trépied, incompatible avec ce mode d'observation, il devra déterminer le plan méridien sur une beaucoup plus grande longueur que ne le comporte la chambre d'un géomètre. Il peut alors procéder ainsi : En un point du sol correspondant au centre du graphomètre lorsqu'il était en

place pour déterminer la méridienne, il enfonce un clou en cuivre, soit sur le parquet de l'appartement, si l'opération a lieu au-dedans, soit sur la face supérieure d'un piquet planté en terre, s'il procède en plein air. Ce clou est un des points de la méridienne, dont il indique encore l'une des traces en peignant une ligne verticale noire sur la muraille fraîchement blanchie de l'un des bâtiments de l'exploitation; car il a dû s'installer de telle façon qu'il s'en trouve un dans la direction du méridien. C'est une condition à laquelle il est facile de satisfaire et à défaut de laquelle il dresse un poteau qui remplit le même but. A droite ou à gauche de cette ligne, suivant le côté vers lequel l'opérateur a l'habitude de placer la lunette de la boussole, il trace une seconde ligne parallèle à la première et écartée de celle-ci de la distance qui sépare le centre de la boussole de son axe optique, afin de tenir compte du défaut d'excentricité. Lorsque le centre de la boussole coïncide verticalement avec le clou et que la lunette est pointée sur la ligne verticale de droite, l'instrument se trouve rigoureusement dans le plan du méridien.

Si la station se trouvait en plein air, la pluie rendrait l'observation fort difficile, et un vent même d'une médiocre intensité la rendrait impossible, à cause des oscillations qu'il communiquerait à l'aiguille aimantée. Il importe donc de la porter à l'intérieur d'un bâtiment, ou tout au moins de la garantir par un abri, fort modeste d'ailleurs, contre les intempéries de l'air, puisque le géomètre doit poursuivre ses levés en toute saison et quel que soit l'état atmosphérique.

Il convient d'observer en passant que, si le temps ou les instruments font défaut à un géomètre pour tracer une méridienne, il peut s'en dispenser pendant un laps de temps plus ou moins long sans compromettre l'exactitude des opérations. Il suffit qu'il choisisse une ligne invariable, facile à re-

trouver en tout temps et à laquelle il rapporte toutes ses opérations en ayant égard à la déclinaison magnétique. Ainsi, ayant choisi à l'extérieur ou à l'intérieur, dans une galerie accessible pendant tout le cours des travaux, une ligne établie comme cela vient d'être indiqué pour la méridienne, il en prendra la direction dès le premier levé des travaux et en tiendra soigneusement note; il en fera autant à chaque descente dans les travaux pour en relever les avancements. Possédant ainsi la valeur des variations de la boussole pour chaque époque relativement à la première, il lui sera toujours possible de modifier les arcs observés de manière à faire disparaître les effets de la déclinaison et à pouvoir, plus tard, les rapporter au plan du méridien vrai. Si, par exemple, la graduation de la ligne fixe (1) était de 172° 15', lors de la première opération, et de 171° 30' à la seconde, tous les angles du second levé devraient être diminués de 45' pour les rapporter aux angles relevés à la première époque.

La détermination de la trace méridienne est indispensable pour orienter les plans, quelque soit l'instrument. Si, à l'aide de la boussole, le géomètre connait la graduation d'une distance, ou mieux, de la droite qui réunit deux points de la mine éloignés l'un de l'autre; si, au moyen d'une méridienne, il a reconnu la valeur de la déclinaison à l'époque du levé, il lui est toujours possible d'en conclure la position de cette droite relativement au plan du méridien astronomique. Mais, s'il a eu recours à un autre instrument, la question peut être accompagnée de circonstances qui en rendent la solution plus ou moins facile.

(1) La graduation d'une ligne est le degré marqué par l'aiguille de la boussole pendant que la ligne *NS* de celle-ci coïncide avec la première.

Il oriente le plan d'une mine, débouchant au jour par une galerie d'exploitation, en jalonnant la ligne méridienne à l'orifice de cette dernière, ou sur le prolongement extérieur de la première distance et en mesurant l'angle formé par les deux lignes.

Si l'étage en exploitation communique avec le jour par deux puits verticaux, il peut, après avoir déterminé la relation de ces deux excavations par le levé du plan des galeries comprises entre les axes des deux orifices, chercher au jour l'angle formé par la trace méridienne et par la droite qui réunit les deux puits. Chaque distance prise à l'intérieur sera orientée, c'est-à-dire rapportée à une ligne fixe et invariable.

Mais si la mine ne débouche au jour que par un seul puits, il peut, il est vrai, y faire descendre deux fils à plomb sur deux parois opposées. Alors la direction connue de la ligne horizontale qui les réunit établira la relation de la première distance intérieure avec le plan du méridien; mais cette ligne, comprise entre les deux plombs, est fort courte et la plus légère déviation de ces derniers ou la moindre inexactitude entraine des erreurs considérables. Dans ces circonstances, le seul moyen praticable consiste dans l'application de la boussole au levé de la direction de l'une quelconque des distances, après avoir supprimé les voies de fer, en prenant toutes les précautions nécessaires et en se tenant en garde contre tous les accidents capables de troubler les résultats.

Le lecteur voit combien il est difficile, pour ne pas dire impossible, de se soustraire à l'emploi de la boussole, qui d'ailleurs, dans l'état de perfection où elle se trouve actuellement et maniée avec adresse, offre certainement l'instrument le plus avantageux dont il soit possible de se servir dans les mines.

1033. ***Table des cosinus et sinus naturels calculés de 15 en 15 minutes, le rayon étant pris pour unité.***

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
0	15	1.0000	0.0044	89	45
	30	0.9999	0.0087		30
	45	0.9999	0.0131		15
1	—	0.9998	0.0175	89	—
	15	0.9997	0.0218		45
	30	0.9996	0.0262		30
	45	0.9995	0.0305		15
2	—	0.9994	0.0349	88	—
	15	0.9992	0.0392		45
	30	0.9990	0.0436		30
	45	0.9988	0.0483		15
3	—	0.9986	0.0523	87	—
	15	0.9984	0.0567		45
	30	0.9981	0.0618		30
	45	0.9978	0.0637		15
4	—	0.9976	0.0697	86	—
	15	0.9973	0.0741		45
	30	0.9969	0.0785		30
	45	0.9966	0.0828		15
5	—	0.9962	0.0872	85	—
	15	0.9958	0.0915		45
	30	0.9954	0.0958		30
	45	0.9950	0.1002		15
6	—	0.9945	0.1045	84	—
	15	0.9940	0.1089		45
	30	0.9936	0.1132		30
	45	0.9931	0.1175		15
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
7	—	0.9925	0.1219	83	—
	15	0.9920	0.1262		45
	30	0.9914	0.1305		30
	45	0.9908	0.1348		15
8	—	0.9903	0.1392	82	—
	15	0.9896	0.1435		45
	30	0.9890	0.1478		30
	45	0.9884	0.1521		15
9	—	0.9877	0.1564	81	—
	15	0.9870	0.1607		45
	30	0.9863	0.1650		30
	45	0.9856	0.1695		15
10	—	0.9848	0.1737	80	—
	15	0.9840	0.1779		45
	30	0.9832	0.1822		30
	45	0.9824	0.1863		15
11	—	0.9816	0.1908	79	—
	15	0.9808	0.1951		15
	30	0.9799	0.1993		30
	45	0.9790	0.2036		45
12	—	0.9781	0.2079	78	—
	15	0.9772	0.2122		45
	30	0.9763	0.2164		30
	45	0.9755	0.2207		15
13	—	0.9744	0.2249	77	—
	15	0.9734	0.2292		45
	30	0.9724	0.2334		30
	45	0.9713	0.2377		15
14	—	0.9703	0.2419	76	—
	15	0.9692	0.2462		45
	30	0.9681	0.2504		30
	45	0.9670	0.2546		15
15	—	0.9659	0.2588	75	—
	15	0.9648	0.2630		45
	30	0.9636	0.2672		30
	45	0.9625	0.2714		15
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
16	—	0.9613	0.2756	74	—
	15	0.9600	0.2798		45
	30	0.9588	0.2840		30
	45	0.9576	0.2882		45
17	—	0.9563	0.2924	73	—
	15	0.9550	0.2965		15
	30	0.9537	0.3007		30
	45	0.9524	0.3049		45
18	—	0.9511	0.3090	72	—
	15	0.9497	0.3132		15
	30	0.9483	0.3173		30
	45	0.9469	0.3214		45
19	—	0.9455	0.3256	71	—
	15	0.9441	0.3297		15
	30	0.9426	0.3338		30
	45	0.9412	0.3379		45
20	—	0.9397	0.3420	70	—
	15	0.9382	0.3461		15
	30	0.9367	0.3502		30
	45	0.9351	0.3543		45
21	—	0.9336	0.3584	69	—
	15	0.9320	0.3624		15
	30	0.9304	0.3665		30
	45	0.9288	0.3706		45
22	—	0.9272	0.3746	68	—
	15	0.9255	0.3786		45
	30	0.9239	0.3827		30
	45	0.9222	0.3867		15
23	—	0.9205	0.3907	67	—
	15	0.9188	0.3947		45
	30	0.9171	0.3987		30
	45	0.9153	0.4027		15
24	—	0.9135	0.4067	66	—
	15	0.9118	0.4107		45
	30	0.9100	0.4147		30
	45	0.9081	0.4187		15
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
25	—	0.9063	0.4226	65	—
	15	0.9045	0.4266		45
	30	0.9026	0.4305		30
	45	0.9007	0.4344		15
26	—	0.8988	0.4384	64	—
	15	0.8969	0.4423		45
	30	0.8949	0.4462		30
	45	0.8930	0.4501		15
27	—	0.8910	0.4540	63	—
	15	0.8890	0.4579		45
	30	0.8870	0.4617		30
	45	0.8850	0.4656		15
28	—	0.8829	0.4695	62	—
	15	0.8809	0.4733		45
	30	0.8788	0.4771		30
	45	0.8767	0.4810		15
29	—	0.8746	0.4848	61	—
	15	0.8725	0.4886		45
	30	0.8704	0.4924		30
	45	0.8682	0.4962		15
30	—	0.8660	0.5000	60	—
	15	0.8638	0.5038		45
	30	0.8616	0.5075		30
	45	0.8594	0.5113		15
31	—	0.8572	0.5150	59	—
	15	0.8549	0.5188		45
	30	0.8526	0.5225		30
	45	0.8504	0.5262		15
32	—	0.8480	0.5299	58	—
	15	0.8457	0.5336		45
	30	0.8434	0.5373		30
	45	0.8410	0.5409		15
33	—	0.8387	0.5446	57	—
	15	0.8363	0.5483		45
	30	0.8339	0.5519		30
	45	0.8315	0.5556		15
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
34	—	0.8290	0.5592	56	—
	15	0.8266	0.5628		45
	30	0.8241	0.5664		30
	45	0.8216	0.5700		15
35	—	0.8192	0.5736	55	—
	15	0.8166	0.5771		45
	30	0.8141	0.5807		30
	45	0.8116	0.5842		15
36	—	0.8090	0.5878	54	—
	15	0.8064	0.5913		45
	30	0.8039	0.5948		30
	45	0.8013	0.5983		15
37	—	0.7986	0.6018	53	—
	15	0.7960	0.6053		45
	30	0.7934	0.6088		30
	45	0.7907	0.6122		15
38	—	0.7880	0.6157	52	—
	15	0.7853	0.6191		45
	30	0.7826	0.6225		30
	45	0.7799	0.6259		15
39	—	0.7771	0.6293	51	—
	15	0.7744	0.6327		45
	30	0.7716	0.6361		30
	45	0.7688	0.6394		15
40	—	0.7660	0.6428	50	—
	15	0.7632	0.6460		45
	30	0.7604	0.6494		30
	45	0.7575	0.6527		15
41	—	0.7547	0.6561	49	—
	15	0.7518	0.6593		45
	30	0.7490	0.6626		30
	45	0.7461	0.6659		15
42	—	0.7431	0.6691	48	—
	15	0.7402	0.6724		45
	30	0.7373	0.6756		30
	45	0.7343	0.6788		15
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

Degrés.	Minutes.	Cosinus.	Sinus.	Degrés.	Minutes.
43	—	0.7314	0.6820	47	—
	15	0.7284	0.6852		45
	30	0.7254	0.6884		30
	45	0.7224	0.6915		15
44	—	0.7193	0.6947	46	—
	15	0.7163	0.6978		45
	30	0.7132	0.7009		30
	45	0.7102	0.7040		15
45	—	0.7071	0.7071	45	—
Degrés.	Minutes.	Sinus.	Cosinus.	Degrés.	Minutes.

1034. *Rectifications et additions.*

Coefficient de dilatation des gaz, t. II, p. 51.

Le coefficient 0.00375, dû à M. Gay-Lussac, a été admis pendant longtemps par tous les physiciens. Celui qui écrit ces lignes, entraîné par l'habitude, s'en est servi dans la théorie de l'aérage; mais cette valeur est trop grande; car les travaux de MM. Regnault, à Paris, Rudberg, à Upsal, et Magnus, à Berlin, prouvent qu'elle ne s'élève réellement qu'à 0.003665. Cette indication, tendant à prémunir le lecteur contre les erreurs de ce genre, lui permettra de rectifier les calculs compris dans quelques paragraphes de cet ouvrage.

Anémomètre à boule, p. 57.

C'est à tort que l'invention de ce petit appareil a été attribuée à M. Dehennault, fabricant d'instruments de précision à Fontaine-l'Évêque; elle appartient à M. Devillez, professeur à l'École des mines de Mons.

Consommation en houille du ventilateur de Sauwartan.

Il a été dit, dans une note de la page 89, que M. Glépin, en admettant pour l'un des ventilateurs objet de ses expériences sept kilog. de combustible par force de cheval et par heure, prenait un chiffre trop élevé ; mais il devait le faire ainsi, puisque la houille sèche de Sauwartan nécessite cette consommation anormale. Lorsqu'il s'agit de houilles grasses ou des bonnes qualités du Flénu, il ne compte plus que 5 kilog.

Expériences relatives au ventilateur à ailes courbes, p. 150.

D'après M. Trasenster, M. Glépin se serait trompé dans l'évaluation du travail moteur appliqué au ventilateur Combes. Cette opinion du savant professeur, émise dès 1844, n'ayant jamais été contestée, l'auteur de cet ouvrage avait cru devoir regarder ce point litigieux comme irrévocablement jugé. Cependant il n'en était pas ainsi, car M. Glépin vient de porter à sa connaissance diverses circonstances de détail tendant à changer complètement l'état de la question.

Il lui fait observer que le ventilateur a été l'objet de deux séries d'essais. Dans les premiers (1842), la machine à vapeur d'un système non encore expérimenté avait subi quelques modifications paraissant n'avoir produit sur son travail que peu d'influence, quoique, en réalité, celle-ci fût assez grande. Aussi, voyant l'effet utile de l'appareil varier dans des limites fort écartées (de 0.25 à 0.38), cet ingénieur, dans le cours des années 1843 et 1844, renouvela ses expériences en appliquant à la suite de chacune d'elles le frein de Prony à la machine motrice. C'est alors qu'il put constater l'effet utile réel de l'appareil ventilateur du Grand-Hornu, dont les variations, comprises entre 0.27

et 0.29, sont considérées par lui comme étant d'une exactitude mathématique. Or, l'application du calcul ne donnant qu'environ 0.20 indépendamment des résistances dues aux organes mécaniques évaluées au quart de la force transmise par le moteur, on est naturellement conduit à se demander à qui doit être imputée l'erreur : au frein dynamométrique ou à la formule de M. Trasenster (1) ?

Appareil Fabry, p. 200.

Pour déterminer la position du centre de gravité du volume théorique de l'air renfermé dans l'appareil, l'auteur a pris $\frac{R + R_1}{2}$ ou la demi-somme des rayons de la roue pneumatique et de ceux des engrenages. Cette substitution, dont il a oublié de prévenir le lecteur, a pour but la simplification de la formule. Elle altère peu sensiblement la valeur des résultats, puisqu'elle n'augmente la résistance que d'une quantité égale à 1/590e de la totalité de l'effet utile, c'est-à-dire moindre que les erreurs probables de l'observation.

Câbles à section décroissante, t. III, p. 166.

Cette disposition, d'autant plus avantageuse que les câbles doivent fonctionner à des profondeurs plus considérables, est due à M. de Mot, fabricant de cordes, au Grand-Hornu, près de Mons.

(1) L'auteur de ces lignes regrette de ne pouvoir rechercher ici les causes de la différence donnée par la théorie et la pratique. Mais les réclamations de M. Glépin ne lui sont parvenues que tout récemment, lorsque l'impression de ce quatrième volume était déjà fort avancée.

Additions.

M. Arnould, aspirant-ingénieur des mines à Mons, a proposé dernièrement un petit appareil propre à déterminer l'extinction de la flamme dès la première tentative faite pour ouvrir les lampes de sûreté.

Il ajuste, entre le porte-mèche et l'enveloppe en cristal, un clapet en argent-neuf, dont la queue peut être comprimée par un ressort horizontal fixé sur la partie supérieure du réservoir. Lorsque l'armature est mise en place, la came, dont elle est munie, vient presser le ressort; celui-ci réagit sur le clapet et le maintient ouvert. L'armature est-elle dévissée, le ressort, recouvrant sa liberté, abandonne la queue du clapet, qui, en retombant, éteint la mèche.

Cet appareil, appliqué à la lampe Mueseler, a donné de bons résultats; mais il est assez délicat pour faire craindre de fréquentes détériorations. Aussi M. Arnould, changeant de système et considérant qu'il ne s'agit pas tant de provoquer l'extinction de la mèche que de connaître les ouvriers capables d'ouvrir les lampes, s'est-il proposé exclusivement ce dernier but, en reprenant, pour la perfectionner, une idée émise autrefois en France.

Ce procédé consiste à ajuster, immédiatement après la fermeture de la lampe, un bouton de plomb qui doit disparaître lorsqu'on sépare l'armature du réservoir et dès le premier tour de dévissage. Ce bouton, fixé par le lampiste au moment où il est sur le point de remettre l'appareil à l'ouvrier, est l'objet d'une opération prompte, facile et peu coûteuse.

FIN DU QUATRIÈME ET DERNIER VOLUME.

AVERTISSEMENT.

Les hommes d'intelligence occupés de l'art des mines dirigent ces dernières dans une voie de progrès des plus remarquables. Chaque jour, pour ainsi dire, voit éclore un perfectionnement ou une nouvelle invention destinés à changer les conditions de la production. Déjà la situation des mines de houille a été profondément modifiée par un aménagement rationnel de la richesse souterraine, par la recherche des moyens relatifs à son épuisement presque complet et par les perfectionnements apportés au transport intérieur, aux moteurs de l'extraction et à ceux de l'exhaure. Une révolution complète s'est aussi opérée, quant à la sûreté et à la salubrité des travaux, par la création de courants ventilateurs d'un grand volume et par leur distribution basée sur les principes de la physique.

Mais l'esprit humain ne reste pas en repos. De nouveaux ventilateurs se préparent ; les ingénieurs recherchent en silence les moyens de concilier un accroissement considérable des produits avec l'approfondissement futur des puits d'extraction, etc. Les résultats de ce mouvement intellectuel auront probablement une grande influence sur ce *Traité des Mines de Houille*; car, aujourd'hui jeune et au niveau de la science, il est menacé pour demain d'une vieillesse anticipée, si des mesures ne sont prises pour rétablir de temps à autre son caractère d'actualité.

Comme la perspective d'un sort pareil semble à peu près inévitable, l'auteur se décide à annoncer la résolution qu'il prend de faire suivre cet ouvrage de suppléments publiés à des époques indéterminées, quoique réglées d'ailleurs par les progrès de la science, par le nombre et l'importance des inventions ou des perfectionnements. Dans ce but, il poursuivra ses études sur les mines au moyen de ses nombreuses correspondances, de la lecture des livres spéciaux publiés en Belgique, en France, en Allemagne et en Angleterre, et surtout en reprenant le cours de ses investigations à l'intérieur et à l'extérieur du royaume. Toutefois, ces publications futures dépendront naturellement de l'accueil réservé par les mineurs à la première partie de son travail.

Puisse cet accueil l'encourager dans sa résolution !

Liége, le 1er décembre 1853.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE QUATRIÈME VOLUME.

CHAPITRE VII.

ÉCONOMIE DES MINES DE HOUILLE.

1re. SECTION.

MATIÈRES PREMIÈRES.

Pages

2e. SECTION.

MATÉRIEL, COMPRENANT LES OUTILS, LES VASES DE TRANSPORT ET D'EXTRACTION, LES MACHINES, ETC.

3e. SECTION.

MAIN-D'OEUVRE. PERCEMENT ET REVÊTEMENT DES ROCHES ENCAISSANTES.

4e. SECTION.

REVÊTEMENTS ÉTANCHES. PASSAGE DES SABLES MOUVANTS. SERREMENTS.

5e. SECTION.

ARRACHEMENT DE LA HOUILLE ET TRAVAUX ACCESSOIRES.

Pages

6e. SECTION.

TRANSPORT INTÉRIEUR.

VIIe. SECTION.

EXTRACTION. ÉPUISEMENT.

VIIIe. SECTION.

FRAIS GÉNÉRAUX. PRIX DE REVIENT. VENTE.

CHAPITRE VIII.

APPLICATIONS DU CALCUL A L'ART DES MINES.

Ire. SECTION.

INSTRUMENTS ET RELEVÉS DANS LA MINE.

IIe. SECTION.

CALCULS PRÉLIMINAIRES CONCERNANT LES TROIS DONNÉES ACQUISES DANS LA MINE.

IIIe. SECTION.

TRACÉ DES PLANS DES OUVRAGES SOUTERRAINS.

IVe. SECTION.

PERCEMENTS SOUTERRAINS. PROBLÈMES RELATIFS AUX MINES. TRACÉ D'UNE MÉRIDIENNE.

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page.	Ligne.					
34	17	en descendant,	*au lieu de*	190,	*lisez*	90.
40	3	—	—	bans,	—	bancs.
40	11	—	—	en nombre,	—	en un nombre.
41	9	—	—	par,	—	pour.
138	1	—	—	813,	—	812.
177	13	en remontant,	—	3 arcs,	—	4 arcs.
200	2	en descendant,	—	gouffre,	—	Gouffre.
223	14	—	—	consommation,	—	consommations.
306	4	en remontant,	—	de,	—	du.
311	13	—	—	103.00,	—	10.30.
333	1	en descendant,	—	duré,	—	durée.
381	10	—	—	ou,	—	à.
398	14	en remontant.	—	qualités,	—	quotités.
404	15	—	—	lorsqu'il,	—	lorsqu'elle.
416	1	en descendant,	—	0.030,	—	1.030
513	1	—	—	pris,	—	prises.
511	11	en remontant,	—	des,	—	de.





